

LAPORAN HASIL PENELITIAN



ANALISIS DISCRETE EVENT SIMULATION UNTUK OPTIMASI DAN EVALUASI LAYOUT PADA SISTEM MANUFAKTUR

0900218

Oleh :

Ishardita Pambudi Tama, ST., MT.

NIP 132 232 481

Moch. Syamsul Ma'arif, ST., MT.

NIP 132 288 243

Penelitian ini dibiayai oleh Dana Pembinaan Pendidikan Universitas Brawijaya
Dengan kontrak No. 27/J.10.1.31/TG/2004 Tanggal 8 Mei 2004

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2004



LEMBAR PENGESAHAN

1. a. Judul Penelitian : Analisis Discrete Event Simulation untuk Optimasi dan Evaluasi Layout pada Sistem Manufaktur
b. Bidang ilmu : Teknologi
c. Kategori Penelitian : I
2. Ketua Peneliti
a. Nama Lengkap : Ishardita Pambudi Tama, ST. MT.
b. Jenis Kelamin : Laki-laki
c. Gol./Pangkat/NIP : IIIa/Penata Muda/132 232 481
d. Jabatan Fungsional : Asisten Ahli
e. Jabatan Struktural : -
f. Fakultas / Jurusan : Teknik / Mesin
g. Pusat penelitian : Universitas Brawijaya
3. Susunan Tim Peneliti
a. Peneliti 1 : Ishardita Pambudi Tama, ST. MT
b. Peneliti 2 : Moch. Syamsul Ma'arif, ST. MT.
4. Lokasi Penelitian : Lab. Komputer Jurusan Mesin Unibraw
5. Jangka Waktu : 6 (enam) bulan
6. Biaya Penelitian : Rp. 5.000.000,- (Lima juta rupiah)
7. Sumber dana/Th. anggaran : DPP 2003/2004

Mengetahui
Ketua BPP FT

Malang, Nopember 2004
Ketua Peneliti

Dr. Ir. Arief Rahmansyah
NIP. 132 059 302

Ishardita Pambudi Tama ST. MT.
NIP. 132 232 481

Menyetujui
Dekan Fakultas Teknik

Prof. Dr. H. Suhardjono, MPd., Dipl.HE.
NIP. 130 350 752



KATA PENGANTAR

Dengan mengucap segala puji dan syukur ke hadirat Allah swt., atas segala berkah dan rahmatNyalah laporan penelitian dengan judul *Analisis Discrete Event Simulation* Untuk Optimasi Dan Evaluasi *Layout* Pada Sistem Manufaktur ini dapat diselesaikan.

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada berbagai pihak yang telah memberikan dukungan, bantuan, saran terhadap penulis dalam men'yelesaikan penelifian ini.

1. Bapak Rektor Universitas Brawijaya
2. Bapak Dekan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
3. Bapak Ketua BPP Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
4. Semua pihak yang ikut membantu kelancaran penyelesaian penelitian ini

Penulis menyadari bahwa tulisan ini tidak lepas dari kekurangan-kekurangan, untuk itu penulis menerima kritik dan saran dari pembaca dan mohon maaf jika terdapat kesalahan.

Malang, Nopember 2004

Penulis

RINGKASAN

Untuk mengetahui kinerja sistem manufaktur sangat diperlukan suatu metode yang dapat menganalisa sistem tersebut secara komprehensif. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menganalisa sistem secara komprehensif adalah dengan menggunakan metode simulasi. Dalam penelitian ini metode simulasi komputer dipergunakan untuk menganalisa layout dengan tujuan untuk meningkatkan throughput atau production rate yang dapat dihasilkan sistem pada suatu foundry plant, dengan metode simulasi. Dimana layout yang dianalisa tersebut adalah layout existing dan kemudian dari hasil analisa tersebut akan dibuat skenario perbaikan (improvement) layout.

Dari hasil simulasi didapat hasil peningkatan *throughput* sebesar 11% untuk coran kecil dan 8% untuk coran besar. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa simulasi dapat digunakan sebagai alat yang sangat efektif dalam menganalisa kinerja suatu layout. Dimana hasil analisa tersebut nantinya dapat digunakan sebagai dasar penyusunan layout baru dengan penambahan *improvement* sehingga dapat dihasilkan layout baru yang lebih baik.



DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
RINGKASAN	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	vii
 I. PENDAHULUAN	 1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Pentingnya Penelitian	3
1.5 Ruang Lingkup	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
 II. TINJAUAN KEPUSTAKAAN	 6
2.1 Tujuan dan Manfaat Rancang Fasilitas	6
2.2 Sistem Manufaktur	7
2.3 Model Sistem Manufaktur	8
2.3.1 Simulation Model	8
2.3.2 Analytical Model	9
2.3.3 Model Input – Output	9
2.4 Konfigurasi Plant	11
2.4.1 Continuous Flow Process	11
2.4.2 Job Shops	12
2.4.3 Batch Production	12
2.4.4 Dedicated High-volume Production Lines	13
2.5 Manajemen Produksi	13
2.6 Simulasi Sistem	14
2.6.1 Sistem	15
2.6.2 Petrodolan Sistem	16
2.6.3 Simulasi Sistem	16
2.6.4 Mengukur Performansi	17
2.7 Tata Letak Fasilitas	18
 III. METODOLOGI PENELITIAN	 20
3. 1. Tahap Identifikasi Masalah	21
3. 1. 1. Perumusan Masalah & Penetapan Tujuan Penelitian	21
3.1.2. Studi Pustaka	21
3.1.3. Studi Pendahuluan Dan Observasi Lapangan	21
3.2. Tahap Pengumpulan Dan PengolLhan Data	21

3.3. Tahap Pengembangan Model.....	21
3.4. Tahap Simulasi Dan Analisis.....	22
3.4. 1. Simulasi.....	22
3.4.2. Analisis.....	22
3.4.3. Kesimpulan.....	23
IV. PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA.....	24
4.1. Pengumpulan Data.....	24
4.2. Data Waktu Perpindahan.....	25
4.3. Data Kapasitas Antrian.....	26
4.4 Data Spesifikasi Alat Pengangkat.....	26
4.5 Data throughput existing.....	27
4.6 Data layout.....	28
4.7 Pengolahan Data.....	30
4.8 Uji Distribution Fitting.....	30
V. PEMODELAN SISTEM.....	32
5.1 Gambaran Sistem Foundry Plant	32
5.2 Activity Cycle Diagram.....	35
VI. SIMULASI DAN ANALISA.....	36
6.1 Simulasi Sistem Existing.....	36
6.1.1 Verifikasi.....	38
6.1.2 Validasi	38
6.2 Analisa Dan Eksperimentasi.....	40
VII. KESIMPULAN DAN SARAN.....	52
7.1 Kesimpulan.....	52
7.2 Saran.....	52
DAFTAR PUSTAKA.....	53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1. Metodologi Penelitian.....	20
Gambar 4.1 Layout Existing.....	29
Gambar 5.1 Diagram Alir Proses Pengecoran.....	32
Gambar 5.2 Rute Perpindahan & Proses Entiti Coran Besar.....	33
Gambar 5.3 Rute Perpindahan & Proses P-ntiti Coran Kecil.....	34
Gambar 5.4 Activity Cycle Diagram boran Kecil.....	35
Gambar 5.5 Activity Cycle Diagram Coran.....	35
Gambar 6.1 Network Diagram Sistem Existing.....	37
Gambar 6.2 Grafik Utilisasi Resource.....	44
Gambar 6.3 Grafik Waktu Tunggu.....	45
Gambar 6.4 Grafik Hubungan Tha - Throughput - Time In System.....	46
Gambar 6.5 Layout Usulan.....	51



DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Data Waktu Pelayanan.....	24
Tabel 4.2 Data Waktu Perpindahan.....	25
Tabel 4.3 Data Throughput Existing.....	28
Tabel 4.4 Distribusi Data Waktu Pelayanan.....	30
Tabel 4.5 Distribusi Data Waktu Perpindahan.....	31
Tabel 6.1 Perbandingan Output Sistem Nyata Dan Simulasi.....	39
Tabel 6.2 Flasil Perhitungan Paired T - Test I.....	40
Tabel 6.3 Hasil Uji Korelasi.....	48
Tabel 6.4 Skenario – Altematif.....	49
Tabel 6.5 14asil Simulasi Skenario – Altematif.....	50



I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Layout atau tata letak jalur produksi suatu perusahaan merupakan komponen penting bagi kelancaran produksi. Adapun tata letak pabrik yang terencana dengan baik akan dapat ikut meningkatkan efisiensi dan juga akan menjaga kelangsungan dan kesuksesan kerja suatu industri (Sritomo, 1996). Berbagai pemborosan dapat terjadi pada proses produksi yang disebabkan tata letak fasilitas pabrik yang tidak baik, misalnya jarak perpindahan yang terlalu jauh sehingga memerlukan waktu yang lebih banyak, kegiatan pemindahan bahan yang sebenarnya tidak perlu, aliran bahan yang tidak teratur sehingga memungkinkan terjadinya kemacetan pada tempat tertentu.

Dengan menggunakan desain layout yang sesuai maka performansi perusahaan pun dapat lebih ditingkatkan. Perbaikan / *improvement* terhadap tata letak fasilitas pabrik (*desain re-layout*) dapat dilakukan dengan melibatkan analisa - *layout* yang lama / *existing*. Hal ini berguna untuk mengetahui bagian mana dari layout existing tersebut yang menjadi kelemahan (*constraint*) dan kemudian bagian mana pula yang dapat ditingkatkan kinerjanya. Analisa yang dilakukan hendaknya tidak mengganggu kegiatan produksi, dan dengan resiko, biaya dan waktu yang sekecil mungkin. Salah satu cara untuk menganalisa dengan tujuan untuk memperbaiki kinerja layout yang sedemikian kompleks adalah dengan menggunakan metode simulasi. Analisa dengan menggunakan metode simulasi (*simulation modelling*) ini merupakan cara yang banyak dipakai untuk menganalisa suatu sistem utamanya sistem manufaktur. (Law, McComas, 1997)

Simulasi dapat membantu perusahaan untuk menganalisa dan menangani proses yang kompleks yang tidak dapat dilakukan oleh jenis metode yang lain.

Terdapat beberapa macam alasan yang berhubungan dengan kompleksitas yang menandakan sebuah perusahaan memerlukan simulasi;

Pertama, simulasi dapat memodelkan berapapun jumlah perubahan *layout* sebelum memindahkan satu jenis barangpun.

Kedua, seberapa besar pengaruh perubahan komponen sistem terhadap output sistem dapat dengan mudah dianalisa dengan menggunakan simulasi.

Ketiga, dengan simulasi kita dapat menganalisa banyaknya variabilitas dengan baik.

Keempat, banyaknya proses-proses produksi yang dilakukan sebuah perusahaan manufaktur tentu menyulitkan apabila dianalisa secara manual namun dengan simulasi hal ini dapat dilakukan secara lebih mudah (Knoll dan Heim, 2000).

Penelitian ini mengambil data yang diperlukan dari *foundry plant* PT. BBI. *Foundry plant* ini memproduksi benda-benda yang diproduksi dengan proses pengecoran. *Layout* pada *foundry plant* ini dirasakan oleh pihak manajemen masih belum optimal yang diindikasikan oleh terjadinya *bottleneck* pada beberapa stasiun kerja. Dengan latar belakang tersebut maka dalam penelitian ini akan dilakukan suatu proses analisis *layout*, dengan menggunakan metode simulasi dimana *layout* yang dianalisa tersebut adalah *layout existing* dan kemudian dari hasil analisa tersebut akan dibuat skenario perbaikan (*improvement*) *layout* yang baru, dimana pemunculan skenario perbaikan ini bertujuan untuk meningkatkan performansi operasional jalur produksi.

1.2 Perumusan masalah

Permasalahan utama yang dapat dirumuskan untuk diselesaikan adalah sebagai berikut :

"Bagaimana proses analisa suatu *layout* dengan menggunakan metode simulasi dengan tujuan untuk meningkatkan performansi operasional terutama *throughput* sehingga nantinya dapat diberikan *improvement* dan dapat diharapkan performansi yang lebih baik daripada sebelumnya"

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Untuk memberikan analisa dengan metode simulasi terhadap desain *layout* yang sudah ada.
- Penyusunan alternatif-alternatif skenario *layout* yang merailiki kemampuan untuk menghasilkan *throughput* yang lebih tinggi berdasar analisa yang dilakukan.

1.4 Pentingnya Penelitian

Penelitian ini akan mempunyai arti penting mengingat selama ini simulasi masih jarang dipakai pihak perusahaan untuk menganalisa desain *layout* mereka. Dengan adanya analisa dengan menggunakan metode simulasi ini maka dapat diketahui secara jelas kelemahan-kelemahan dan *bottleneck* dari sitem itu tersebut. Setelah kelemahan atau *bottleneck* tersebut diketahui kemudian dapat dibuat skenario alternatif *layout* sebagai *improvement* atas *layout* yang sudah ada dengan tujuan untuk peningkatan *throughput* sistem tersebut.

1.5 Ruang Lingkup

Agar pembahasan pada penelitian ini menjadi lebih terarah maka perlu diberikan batasan-batasan sebagai berikut:

- Hal-hal mengenai teknik produksi tidak dibahas secara mendetail karena lebih ditujukan untuk memodelkan sistem tersebut.
- Dalam pengambilan data waktu operasi, performansi pekerja dianggap cukup mewakili dan rata-rata.
- Analisa *improvement* yang dilakukan bertujuan untuk mengoptimasi sistem sehingga tidak menambah *resource* yang sudah ada
- *Software* simulasi yang digunakan adalah Visual SLAM / AweSim

1.6 Sistematika Penulisan

Dalam penelitian ini, nantinya sistematika penulisan adalah secara berurutan sesuai dengan pembahasan yang dilakukan.

Adapun urutan bab yang memberikan pembahasan tersebut adalah sebagai berikut:

BAB I Pendahuluan

Berisi latar belakang, peramusan masalah, tujuan penelitian, pentingnya penelitian, ruang lingkup serta sistematika penulisan.

BAB II Tinjauan Pustaka

Berisi teori-teori yang sesuai dengan topik pembahasan dalam penelitian ini.

Berisi kajian pustaka mengenai tata letak fasilitas pabrik, sistem, simulasi sistem dan software VisualSLAM/AweSim.

BAB III Metodologi Penelitian

Berisi urutan langkah-langkah atau tahapan yang dilakukan dalam penelitian berupa diagram alir (*flow chart*) dan penjelasannya. Metodologi tersebut terbagi dalam empat bagian pokok yaitu : tahap identifikasi masalah, tahap pengumpulan dan pengolahan data, tahap pengembangan model dan tahap simulasi dan analisis.

BAB IV Pengumpulan dan Pengolahan Data

Berisi hasil pengumpulan dan proses pengolahan data yang diperlukan untuk mengimplementasikan model yang telah dikembangkan.

BAB V Pemodelan Sistem

Merupakan bagian yang menguraikan tahapan pembuatan model, dengan menggambarkan sistem yang diamati dalam uraian aktivitas tiap entiti

BAB VI Simulasi dan analisa

Bab ini menguraikan tentang langkah *running* model simulasi yang dilakukan dalam beberapa kali replikasi dan kemudian melakukan analisa hasil running tersebut. Dalam bab ini dibahas pula mengenai verifikasi dan validasi model yang telah dibuat. Selanjutnya dilaktikan analisa dan kemudian berdasar analisa tersebut dimunculkan alternatif-alternatif skenario perbaikan / *improvement* untuk menaikkan throughput lebih tinggi daripada yang ada saat ini (*existing*).

BAB VII Kesimpulan dan saran

Berisikan kesimpulan berkaitan dengan masalah yang diteliti dan tujuan yang ingin dicapai serta saran-saran yang berguma untuk penelitian yang

berhubungan di masa yang akan datang maupun pihak lain yang berkepentingan.



II. TINJAUAN KEPUSTAKAAN

2.1 Tujuan dan Manfaat Rancang Fasilitas

Tujuan utama yang ingin dicapai dalam perancangan tata letak fasilitas pabrik pada dasarnya adalah untuk meminimumkan biaya atau peningkatan efisiensi dalam pengaturan segala fasilitas produksi dan area kerja. Secara spesifik tata letak fasilitas pabrik yang baik akan dapat memberikan manfaat-manfaat dalam sistetn produksi yaitu:

1. Menaikkan output produksi
Biasanya tata letak yang baik akan memberikan keluaran (*output*) yang lebih besar dengan ongkos yang sama atau lebih sedikit, *manhours* yang lebih kecil, dan / atau mengurangi jam kerja mesin
2. Mengurangi waktu tunggu (*delay*)
Pengaturan tata letak yang baik akan mengurangi waktu tunggu yang berlebihan
3. Mengurangi proses pemindahan bahan
Desain *layout* yang baik akan selalu memprioritaskan pemindahan bahan seminimal mungkin.
4. Penghematan penggunaan areal untuk produksi, gudang dan *service*.
5. Pendayagunaan (utilitas) yang lebih besar dari pemakaian mesin, tenaga kerja, dan / atau fasilitas produksi lainnya
6. Mengurangi *inventory in-process*
7. Proses manufakturing yang lebih singkat
8. Mengurangi resiko bagi kesehatan dan keselamatan kerja operator
9. Memperbaiki moral dan kepuasan kerja
10. Mempermudah aktivitas supervise
11. Mengurangi kemacetan dan kesimpangsiuran
12. Mengurangi faktor yang bisa merugikan dan mempengaruhi kualitas dari bahan baku ataupun produk jadi (Sritomo, 1996)

2.2 Sistem Manufaktur

Proses manufaktur didefinisikan sebagai proses transformasi dimana bahan mentah, tenaga kerja, energi, dan peralatan disatukan untuk menghasilkan barang yang berkualitas tinggi. Proses ini terdiri dari proses perancangan dan pembuatan barang (produk), menggunakan bermacam metode dan teknik produksi. Barang tersebut dapat berupa satu bagian, seperti paku, kawat garpu, atau terbuat dari kombinasi komponen (*part*) yang tersusun dari berbagai macam material, seperti mobil, sepeda dll.

Industri manufaktur menjadi tulang punggung banyak negara industri maju. Pentingnya industri manufaktur ditunjukkan dengan kontribusi jenis industri ini terhadap keseluruhan barang dan jasa dalam negara industri yang mencapai 20-30%.

Proses manufaktur bisa jadi menghasilkan produk diskrit yaitu part individu dan produk kontinyu. Paku, kaleng minuman, engine blok adalah contoh dari produk diskrit sedangkan gulungan kawat, lembaran plastik atau baja, dan pipa adalah contoh produk kontinyu.

2.3 Model Sistem Manufaktur

Dalam pembahasan tentang model sistem manufaktur, lebih ditekankan pada produk yang berupa *discrete product*. Seperti yang telah didefinisikan di muka, proses manufaktur adalah proses transformasi dimana bahan mentah, tenaga kerja, energi, dan peralatan disatukan untuk menghasilkan barang yang berkualitas tinggi. Proses transformasi tersebut biasanya memuat urutan langkah yang disebut *production operation*. Setiap langkah *production operation* adalah sebuah proses yang mengubah masukan menjadi keluaran dengan menambahkan nilai tambah terhadap sebuah entitas. Langkah sela diantara operasi yang memberi nilai tambah tersebut adalah operasi yang tidak memberikan nilai tambah (seperti pengangkutan, penyimpanan, dan inspeksi). Sehingga perlu sekali dilakukan upaya untuk mengurangi, kalau tidak bisa menghilangkan, operasi yang tidak memberikan nilai tambah.

Tentunya agar sistem manufaktur yang diterapkan dapat diperbandingkan keunggulan maupun kekurangannya maka perlu sekali dikembangkan sebuah sistem yang digunakan untuk mengukur unjuk kerja dari sistem manufaktur tersebut. Sistem



evaluasi tersebut biasanya dikategorikan menjadi dua kelompok yaitu pengukuran unjuk kerja dan pemodelan unjuk kerja tersebut.

Pengukuran unjuk kerja dilakukan pada konfigurasi sistem manufaktur yang telah ada untuk memonitor variabel-variabel kunci, diagnosa kesalahan dan kemungkinan penataan kembali konfigurasi sistem manufaktur tersebut.

Pemodelan unjuk kerja dapat berupa *simulation model* maupun *analitical model*.

2.3.1 Simulation Models

Hampir setiap pabrik sekarang menggunakan simulator guna menyimulasikan pengambilan keputusan dan analisis dari sistem manufaktur. Pengambilan keputusan tersebut misalnya selama tahap perancangan dan perencanaan yang meliputi jumlah dan tipe mesin, jumlah peralatan penanganan barang, jumlah dan ukuran pallet, jumlah *fixtures*, layout terbaik, kapasitas penyimpanan perkakas, pemilihan *part type*, pengelompokan mesin, *batching* dan *balancing decision*, serta kebijakan penjadwalan.

Selama fase operasional, pemodelan akan sangat membantu dalam menentukan rute terbaik dalam hal *breakdown*, memperkirakan efek penambahan atau pengurangan sumber daya dan *part*, serta mendapatkan jadwal optimal jika mendapatkan kerusakan mesin atau perubahan mendadak dalam permintaan, dan dalam menghindari *deadlock*.

Discrete event simulation modelling menawarkan cakupan pembuatan dan analisis model yang detail dari sistem manufaktur. Perkiraan unjuk kerja ini akan menjadi sangat akurat jika jumlah simulasi yang dilakukan banyak sekali, sehingga sangat membutuhkan program komputasi yang juga sangat banyak.

Tahapan simulasi ini dimulai dari pembuatan *simulation model*, coding model kedalam program simulasi, memvalidasi model simulasi, debugging program simulasi, menjalankan simulasi untuk masukan random yang variasainya luas, dan mengadakan analisis statistik terhadap output. Model simulasi ini dapat sangat detail,

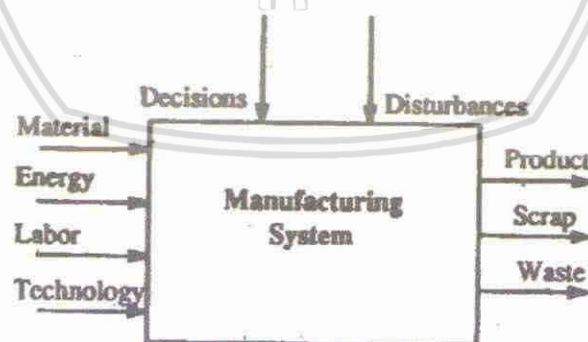
seperti kemungkinan *part mixes*, *machine states*, *job routing*, dan *flow control* dan *sequence rules*.

2.3.2 Analytical Models

Analytical models dapat diselesaikan secara *closed form* atau dengan menggunakan metode numerik. Yang patut diingat adalah *analytical models* tidak mungkin memasukkan setiap detail dari sebuah sistem manufaktur. Sehingga sebelum dibuat *analytical model*-nya harus ditentukan dahulu sampai seberapa detail pemodelan yang diperlukan. Terlalu detail akan menyebabkan pemodelan sulit diselesaikan dan terlalu sederhana akan menyebabkan pemodelan menjadi tidak realistis. Model analitis yang disusun dengan cermat akan sangat membantu dalam menyediakan data tentang unjuk kerja dari sistem.

2.3.4 Model input-output

Sistem manufaktur dapat diwakili oleh sebuah model input dan output seperti pada gambar dibawah ini. Di sini input ditunjukkan sebagai material, tenaga kerja, energi dan teknologi. Material (bahan baku) dikonversikan menjadi produk akhir yang berkualitas. Tenaga kerja dibutuhkan untuk merancang produk, menjalankan mesin, memuat dan membongkar benda kerja dari mesin perkakas, dan untuk inspeksi.



Gambar 2.1 Sistem manufaktur : Model input dan output

Dua input lainnya adalah kumpulan keputusan yang dibuat di semua tingkatan dari hirarki produksi (long, medium dan short range) dengan memperhatikan produk yang diproduksi, peralatan yang dibeli, layout plant, urutan dan penjadwalan part, loading part dll. Tipe kedua adalah gangguan, termasuk kebijakan pemerintah, fluktuasi pasar, kompetisi, kegagalan peralatan, dan persoalan perburuhan.

Teknologi manufaktur mewakili kecanggihan dan fleksibilitas peralatan dan integrasi aliran material dengan informasi yang terbangun kedalam satu sistem. Sistem manufaktur bisa jadi manual atau otomatis, untuk *highly dedicated* maupun fleksibel. Kumpulan mesin perkakas yang berdiri sendiri atau sistem produksi yang terintegrasi.

Proses manufaktur menghasilkan output yaitu benda kerja yang telah selesai atau produk berkualitas yang memenuhi spesifikasi teknis. Kemudian geram yang merupakan produk yang dihasilkan akibat proses pemotongan logam, dan pemborosan yang bisa jadi berupa pemborosan tipe pertama seperti produk yang ditolak selama proses inspeksi dan tipe kedua seperti penggunaan sistem sumber daya dari proses yang tidak memberi nilai tambah. Tentunya geram dan pemborosan yang terlalu banyak harus diminimalisir.

Pengambilan Keputusan Pada Industri Manufaktur

Pengambilan keputusan dalam lingkungan manufaktur dapat menjadi sangat kompleks karena terlalu banyaknya alternatif yang tersedia dan sifat dari hasil keputusan itu yang sangat tidak menentu. Ada tiga tingkatan pengambilan keputusan dalam sistem manufaktur, yaitu strategis, taktis dan operasional.

Pengambilan keputusan strategis adalah dalam jangka waktu yang panjang (umumnya tahunan) dan menentukan kekompetitifan dan tingkat bertahan hidup sebuah industri. Hal ini meliputi teknologi baru, perubahan part-mix (alokasi pembuatan tipe baru dalam manufaktur), modifikasi sistem manufaktur dan ekspansi (penambahan mesin-mesin baru atau mengubah layout sistem penanganan bahan).

Tingkatan kedua adalah pengambilan keputusan taktis mempunyai jangka waktu mingguan/harian. Hal ini meliputi membagi keseluruhan produksi dalam bentuk batch, penyediaan bahan baku, tool dan tenggat waktu. Pertanyaan yang umum adalah berapa banyak batch yang dikerjakan dan berapa banyak part dalam tiap batch. Tujuan umumnya adalah untuk memaksimalkan penggunaan mesin produksi dengan menyeimbangkan beban kerja pada sistem sehingga setiap batch akan selesai dengan simultan.

Tingkatan ketiga adalah pengambilan keputusan operasional yang mempunyai jangka waktu harian dan menitipberatkan pada kontrol harian operasi manufaktur. Hal ini termasuk part mana yang dikerjakan pada sistem manufaktur, berapa banyak benda kerja yang harus dibuat dalam sistem manufaktur secara simulatan, part mana yang dikerjakan pada mesin berikutnya, berapa banyak perkakas yang dibutuhkan untuk tiap tipe part, bagaimana mengantisipasi jika terjadi patahnya tool, penjadualan kembali jika terjadi kerusakan mesin perkakas atau sistem penanganan material. Manajemen manufaktur yang efektif adalah termasuk pada penerapan ketiga pengambilan keputusan yang simultan pada ketiga tingkatan tersebut diatas.

2.4 Konfigurasi Plant

Proses manufaktur terdiri dari beberapa tipe operasi produksi dan produk yang berbeda. Paling tidak ada empat buah tipe yang sering diketengahkan berdasarkan produk dan volumenya yaitu *continuous flow processess*, *job shops*, *batch production*, dan *dedicated production lines*.

2.4.1 Continuous Flow Process

Adalah produksi yang kontinu produk tertentu dalam jumlah yang besar. Cirinya adalah tipe produk yang sedikit dengan volume produk tinggi. Proses terdiri dari aliran bahan baku yang kontinu melewati seri operasi produksi sekuensial. Contohnya adalah pabrik kimia, penyulingan minyak, plastik, besi dan baja, serta industri tekstil.

2.4.2 Job Shops

Tipe ini dicirikan oleh volume produk yang rendah atau menengah dengan jenis yang relatif banyak. Produk proses manufaktur tipe ini biasanya dibuat berdasarkan pesanan customer dan mempunyai variasi yang besar dalam tipe produk yang dibuat di plant. Oleh karena itu mesin perkakas yang digunakan harus bersifat fleksibel dan dapat digunakan untuk berbagai macam proses sehingga memungkinkan pengerjaan produk yang bervariasi. Pekerja tentunya harus mempunyai kecakapan yang tinggi untuk melaksanakan pekerjaan yang bervariasi tadi. Contoh industri yang termasuk tipe ini adalah pesawat terbang, mesin perkakas, purwarupa produk dll.

Job-shops adalah tipe proses yang sangat tidak efisien dan mempunyai *lead time* yang besar. Hal ini disebabkan oleh :

1. Pengerjaan yang dilakukan untuk satu produk dilakukan dalam beberapa mesin perkakas yang berbeda, sehingga hanya dimungkinkan pemindahan satu buah produk per satuan waktu.
2. Peralatan dan pemerkakasan dalam produksi tipe ini adalah dari jenis general purpose dan dapat diset untuk part yang berbeda dalam satu family. Tetapi waktu set up yang dibutuhkan adalah sangat besar, bisa berjam-jam atau bahkan berhari-hari.
3. Produk membutuhkan waktu pengembangan dan produksi yang lama karena waktu pengembangan dan perancangannya maupun karena *lead-times* yang panjang akibat pemesanan komponen maupun material khusus.

2.4.3 Batch Production

Kategori adalah manufaktur medium-size lots dari item produk yang sama. Lots tersebut mungkin dibuat sekali atau dibuat ulang dengan interval waktu yang tertentu. Ukuran tiap lot dan frekuensi pembuatan produk untuk satu item produk sangat dipengaruhi oleh kebijakan pengendalian inventory.

Peralatan manufaktur yang dipakai adalah general purpose tetapi didesain untuk laju produksi yang lebih tinggi. Batch production antara lain adalah bengkel

permesinan, pengecoran, pabrik cetak plastik, dan bengkel penempaan. Termasuk disini adalah furnitur, buku dan peralatan rumah tangga.

2.4.4 *Dedicated High-Volume Production Lines*

Adalah sistem manufaktur yang dibuat khusus untuk memproduksi produk yang identik. Tipe ini mempunyai karakter laju produksi yang tinggi dan ruang lingkup yang sempit. Peralatan dibuat untuk memproduksi produk tipe tunggal seperti mobil, bola lampu dan peralatan rumah tangga. Investasi yang besar diperlukan untuk membangun fasilitas produksi khusus seperti transfer line, conveyor, pallet dsb. Setiap peralatan dioptimasi dalam kerangka biaya dan waktu bagi operasi yang dilakukan dan pemindahan bahan dilakukan secara otomatis. Penambahan kapasitas dilakukan dengan cara kloning.

2.5 Manajemen Produksi

Fungsi manajemen produksi adalah untuk merencanakan dan mengontrol secara efektif sumber daya yang ada untuk memenuhi persyaratan produksi. Sumber daya tersebut antara lain material, perkakas, fixture, mesin, ruang penyimpanan, peralatan penanganan material dan sumber daya manusia. Beberapa teknik yang dapat digunakan antara lain *Critical-path Methods* (CPM), MRP-II dan *Just-in Time* (JIT).

Sistem manajemen produksi mengatur sistem manufaktur pada tingkatan operasional melalui pengambilan keputusan apa yang dibuat dan apa yang dibeli. Beberapa bagian yang membentuk sistem tersebut adalah :

- **Forecasting (Prakiraan)**

Menentukan prakiraan yang akurat mengenai produk apa yang diminta customer.

- **Production Planning**

Berisi tentang penentuan produksi, inventory, dan buruh agar sanggup memenuhi permintaan pasar. Ini didasarkan pada prakiraan dan digunakan untuk menaikkan atau menurunkan tingkat produksi tipe tertentu dan memungkinkan peluncuran produk baru.

- **Engineering Database**
Basis data ini memuat segala informasi tentang fabrikasi dan perakitan seperti bill of material, part design, route sheet, perkakas dll. Basis data ini di-updated setiap kali terjadi perubahan desain.
- **Master Production Scheduling**
Rencana produksi menyeluruh dipecah-pecah menjadi *master schedule* yang mengatur berapa banyak unit dan kapan dari tiap produk yang dikirim. Kemudian *master schedule* harus dikonversi kedalam pemesanan bahan mentah, subkontrak dan jadwal bagi subassembly dan komponen.
- **Capacity Planning**
Perencanaan kapasitas difokuskan pada penentuan jumlah pekerja dan peralatan yang dibutuhkan untuk memenuhi jadwal produksi. Master scheduling dan perencanaan kapasitas harus kompatibel. Persyaratan yang diberikan *master production schedule* tidak boleh melebihi kapasitas.
- **Material Requirement Planning**
MRP mengubah master production scheduling menjadi jadwal detail dari bahan mentah dan komponen-komponen yang dibutuhkan.
- **Inventory Management**
Inventory control difokuskan dengan menjaga tingkat persediaan bahan baku, part setengah jadi, subassemblies, dan barang yang selesai pada tingkat tertentu dan berfungsi sebagai penyangga antar perusahaan dan customer serta antar tahap dalam sistem manufaktur.
- **Production Activity Control**
Sistem manajemen produksi mempunyai dua tujuan yaitu perencanaan dan kontrol dari operasi manufaktur. Perencanaan manufaktur meliputi master production schedule, MRP, dan perencanaan kapasitas, sedangkan kontrol manufaktur yaitu order release, order scheduling, dan order progress.

2.5 Simulasi Sistem

Dalam kajian teoritis mengenai simulasi sistem ini akan terbagi dalam beberapa sub bab. Kajian tersebut secara berurutan akan membahas mengenai sistem, pemodelan sistem, dan simulasi sistem.

2.5.1 Sistem

Pengertian dasar dari sistem adalah kumpulan dari entiti yang saling berinteraksi dan bekejasama untuk mencapai suatu tujuan.

Beberapa definisi sistem tersebut antara lain :

- ❖ Sistem adalah sekumpulan entiti atau obyek-obyek, seperti orang-orang atau mesin-mesin, yang beraksi dan berinteraksi bersama serta adanya saling ketergantungan satu sama lain untuk mencapai tujuan akhir (Averill & Kelton)
- ❖ Sistem adalah bagian dari realitas yang menjadi fokus utama penelitian dan terdiri dari komponen-komponen yang berinteraksi satu sama lain menurut aturan tertentu yang dibatasi oleh tujuan penelitian (Khosnevis, 1994)

Sistem dapat juga diklasifikasikan menurut perilaku yang melekat yaitu :

- Statis (dimana *state* dari sistem tidak berubah mengikuti waktu) dan Dinamis (dimana *state* sistem berubah mengikuti fungsi waktu)
- Diskret (dimana variabel sistem berubah secara tidak kontinyu mengikuti perubahan waktu, misal jumlah antrian di suatu bank dimana jumlah antrian tersebut tidak akan mungkin bernilai setengah) dan Kontinyu (dimana variabel sistem berubah secara kontinyu mengikuti perubahan waktu, misal level ketinggian air di suatu waduk), atau kombinasi (*combined*) diantara keduanya. Dalam penelitian ini dilakukan simulasi sistem diskret tersebut (*discrete event simulation*)

2.5.2 Pemodelan Sistem

Permodelan sistem adalah proses untuk merepresentasikan sistem nyata menjadi sebuah model yang berupa perilaku, bentuk fisik dan karakteristik lain yang mirip dengan sistem nyata menjadi sebuah model yang berupa perilaku bentuk fisik dan karakteristik lain yang mirip dengan sistem nyata, berupa model matematis, kata atau simbol sehingga lebih mudah untuk dipahami. Sedangkan definisi yang lebih lengkap dapat disebutkan antara lain:

- ❖ Model adalah suatu penyederhanaan dan pendeskripsian dari suatu sistem nyata yang kompleks, dengan tujuan untuk menyelidiki kemungkinan perbaikan sistem dan menemukan adanya pengaruh dari kebijaksanaan yang berbeda pada sistem
- ❖ Model juga merupakan representasi sederhana dari hubungan antara elemen-elemen sistem, meliputi hubungan sebab akibat dan aliran hubungan dengan tujuan untuk memahami, memprediksi, mengontrol dan mengembangkan sistem

Dengan menggunakan pemodelan sistem terhadap permasalahan yang ada maka akan lebih mudah untuk menganalisisnya. Aplikasi pemodelan dalam sehari-hari dapat kita contohkan model pesawat terbang, model perencanaan sistem maintenance, *plant design*, *production system design*, model terminal peti kemas, model kebutuhan tenaga kerja dan sebagainya.

2.5.3 Simulasi sistem

Simulasi adalah suatu ilmu atau teknik untuk dapat memodelkan berbagai situasi dari tingkah laku dan karakteristik dari sistem, dalam hal ini digunakan model analog ataupun model lainnya dengan tujuan untuk mendapatkan hasil yang lebih optimal.

Tujuan menggunakan simulasi adalah:

- Memahami perilaku sistem
- Membuat teori-teori atau hipotesis tentang sistem yang diamati
- Menggunakan teori-teori atau hipotesis tersebut untuk memperkirakan perilaku sistem yang akan datang yaitu hasil atau efek yang dihasilkan apabila terjadi perubahan-perubahan dalam sistem atau dalam teknik operasi sistem.

Alasan utama penggunaan simulasi adalah karena terbatasnya teknik-teknik matematika standard untuk menganalisa suatu model. Hal ini bisa terjadi bila interaksi antara variabel sistem tidak linier atau apabila faktor acak merupakan karakteristik dari sistem.

Simulasi mempunyai banyak kelebihan bila dibandingkan dengan metode yang lain. Kelebihan simulasi bila dibandingkan dengan penelitian secara langsung adalah :

- Waktu
- Keamanan
- Riaya
- Kontrol
- Replikasi
- Alternatif dan perbandingan

(Pidd, 1992)

2.5.4 Mengukur performansi

Performansi sebuah sistem diukur dari efektifitas dan efisiensi sistem tersebut untuk mencapai tujuan sistem. Untuk sebuah sistem manufaktur, ukuran performansi yang diinginkan dapat dikelompokkan menjadi empat kategori :

Kategori tersebut adalah sebagai berikut :

1. Pengukuran keluaran / *throughput*

Troughput adalah keluaran / produksi yang dapat dihasilkan dalam tenggang waktu tertentu. Nama lain dari *troughput* adalah *production rate*.

2. Pengukuran kemampuan untuk menepati tenggat waktu (*deadline*)

Diukur dari *lateness*, *tardiness* dan *flowtime*.

3. Pengukuran utilisasi sumberdaya (*resource utilization*)

Sumberdaya sebuah sistem (*system resources*) adalah termasuk *personel*, *material*, mesin dan *work space*.

4. Pengukuran *in-process inventory*

Penumpukan ini disebut *in-process inventory* atau juga disebut *work in process* (WIP) disebabkan oleh adanya antrian untuk menunggu *resource* yang dapat memproses mereka. WIP ini tentu saja membutuhkan area *storage* dan juga merupakan penumpukan modal yang seharusnya dihindari (Pritsker, 1999)

2.6 Tata Letak Fasilitas

Dalam proses manufaktur sebuah produk, maka akan sangat diperlukan adanya perencanaan fasilitas yang diperlukan dalam proses produksi tersebut.

Tujuan dari perencanaan fasilitas tersebut adalah :

1. Mendukung visi organisasi melalui perbaikan *material handling*, *material control* dan *house keeping*.
2. Penggunaan yang lebih efektif dari manusia, peralatan, ruangan dan energi.
3. Meminimalkan investasi dana.
4. Mempromosikan kemudahan perawatan dan kemampuan adaptasi.
5. Memberikan keamanan dan kepuasan kerja kepada para pekerja.

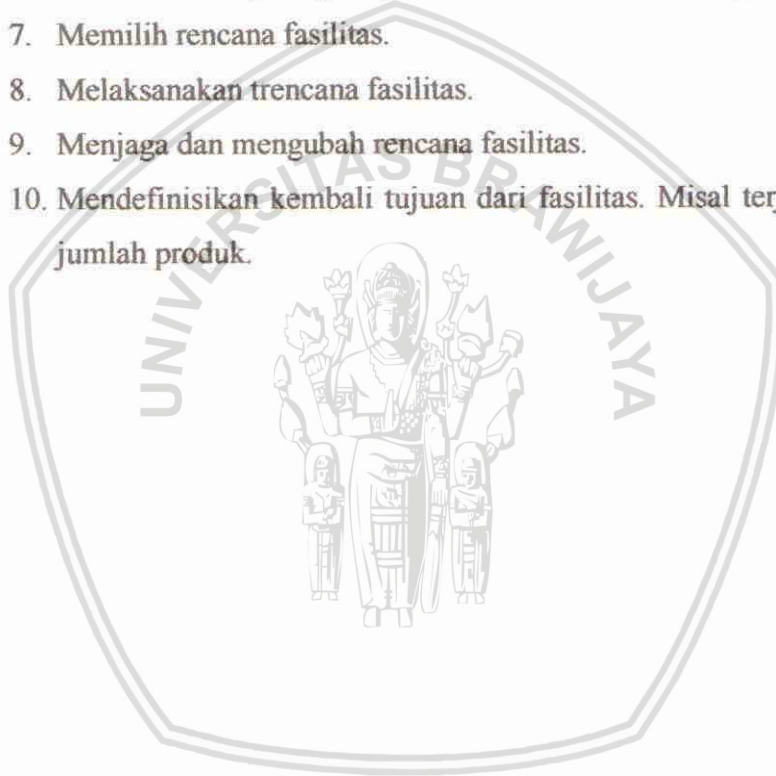
Perencanaan fasilitas dapat dengan mudah dimengerti jika dipakai dalam konteks *life cycle* fasilitas. Meskipun perencanaan fasilitas hanya dilakukan sekali, tetapi sering sekali fasilitas tersebut ditata ulang guna perbaikan maupun dalam usaha untuk mengejar tujuan yang berubah. Perencanaan fasilitas dilakukan dengan melakukan langkah :

1. Mendefinisikan persoalan.
2. Menganalisa persoalan.
3. Membuat perencanaan alternatif-alternatif.
4. Mengevaluasi antar alternatif tersebut.
5. Memilih desain yang lebih disukai.
6. Melaksanakan perencanaan tersebut.

Sedangkan proses yang dilakukan akan memuat proses-proses berikut ini :

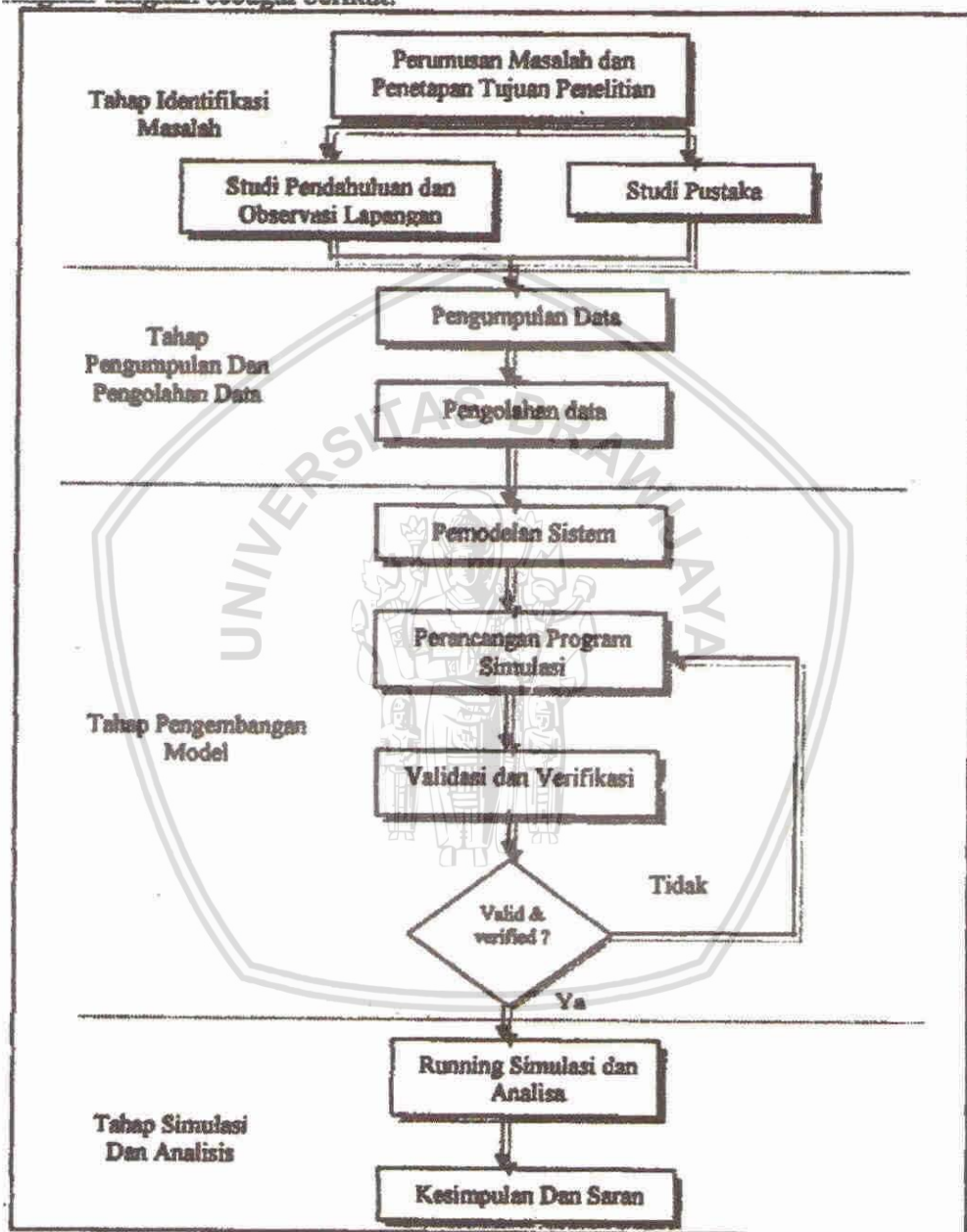
1. Mendefinisikan tujuan dari fasilitas artinya bahwa kuantitas produk yang dibuat harus dihasilkan.
2. Menentukan aktivitas primer dan support yang dipakai guna mencapai tujuan. Perlu ditentukan operasi yang diperlukan peralatan, tenaga kerja yang harus dialokasikan. Juga *support activity* seperti fungsi perawatan.

3. Menentukan hubungan antar aktivitas. Menentukan syarat dan bagaimana aktivitas-aktivitas tersebut berinteraksi atau mendukung satu dengan yang lain.
4. Menentukan kebutuhan ruang bagi semua aktivitas. Semua peralatan, material dan tenaga kerja harus dipertimbangkan ruangan yang dibutuhkan.
5. Membuat alternatif-alternatif rencana. Berisi alternatif lokasi dan alternatif layout, struktur maupun peralatan pemindah barang.
6. Mengevaluasi alternatif-alternatif tersebut. Alternatif-alternatif tersebut diberi peringkat guna menentukan alternatif yang paling baik.
7. Memilih rencana fasilitas.
8. Melaksanakan rencana fasilitas.
9. Menjaga dan mengubah rencana fasilitas.
10. Mendefinisikan kembali tujuan dari fasilitas. Misal terjadi perubahan jumlah produk.



III. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian yang digunakan dalam penelitian ini mempunyai langkah-langkah sebagai berikut:



Gambar 3. 1. Metodologi Penelitian

3.1. Tahap Identifikasi Masalah

3.1.1. Perumusan Masalah dan Penetapan Tujuan Penelitian

Perumusan masalah yang dibuat sesuai dengan latar belakang adalah bagaimana analisa *layout* dengan tujuan untuk meningkatkan performansi operasional terutama *throughput foundry plant* dengan menggunakan metode simulasi.

3.1.2. Studi Pustaka

Literatur yang menjadi tinjauan pustaka adalah mengenai masalah pemodelan sistem dan penggunaan model simulasi dalam menyelesaikan suatu permasalahan, dimana model simulasi dijadikan sebagai bahan pertimbangan yang akan digunakan sebagai metode pemecahan masalah.

3.1.3. Studi Pendahuluan dan Observasi Lapangan

Studi pendahuluan dan observasi lapangan bertujuan untuk menggali informasi mengenai objek yang diteliti. Dari sini akan diperoleh pemahaman detail mengenai kondisi riil di lapangan dan cara kerja atau perilaku sistem yang akan dimodelkan, sehingga model yang akan dibuat dapat mewakili sistem secara akurat agar dapat dilakukan analisis sistem sesuai tujuan yang diinginkan.

3.2. Tahap Pengumpulan dan Pengolahan Data

Untuk memperbaiki sistem yang ada, maka diperlukan pengumpulan data-data dari sistem yang nyata yang dapat digunakan untuk memperoleh distribusi probabilitas yang akan menjadi input dari permodelan simulasi.

3.3. Tahap Pengembangan Model

a) Permodelan

Dengan memperhatikan karakteristik sistem yang ada maka dibuatlah model yang sesuai untuk memudahkan dalam mengamati kelakuan dari sistem.

b) Pembuatan program komputer

Model sistem dan data yang diperoleh akan disusun dalam program komputer agar lebih mudah dalam melakukan perhitungan dan melakukan eksperimen selanjutnya. *Software* yang dipakai adalah *software* Awe/Sim yang dibuat oleh Symix System Inc.

c) Verifikasi dan Validasi

A. Verifikasi

Verifikasi (*debugging*) adalah proses untuk menetapkan apakah model simulasi dalam program komputer sudah benar atau tidak.

B. Validasi

Validasi adalah suatu cara yang digunakan untuk memastikan bahwa model dari suatu sistem yang disimulasikan sudah sesuai dengan sistem nyatanya.

3.4. Tahap Simulasi dan Analisis

3.4.1. Simulasi

Dalam penelitian ini akan disimulasikan desain *layout existing* dan kemudian dilakukan analisis untuk mengetahui bagian-bagian mana yang menjadi kelemahan-kelemahan (*constraint*) dari sistem ataupun *bottleneck* yang mungkin ada. Sehingga bagian-bagian tersebut dapat diberikan perbaikan (*improvement*) terutama untuk menaikkan *throughput* dengan memanfaatkan sumberdaya yang ada semaksimal mungkin sesuai tujuan yang diinginkan.

3.4.2. Analisis

Dalam tahap analisis ini dilakukan analisis hasil *running*, dengan tujuan mencari kelemahan / *constraint* yang ada dan bagian-bagian mana yang mungkin untuk dilakukan *improvement* sesuai tujuan yang telah ditetapkan. Kemudian setelah itu dilakukan *running* simulasi dan hasilnya kemudian dianalisis lagi untuk mengetahui sejauh mana *throughput* sistem dapat dinaikkan.

3.4.3. Kesimpulan

Tahap akhir dari penelitian ini adalah mengambil kesimpulan dari semua rangkaian tahap penelitian, selain itu penarikan kesimpulan juga untuk menjawab permasalahan yang ingin dipecahkan sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan. Kemudian dari kesimpulan tersebut akan disajikan juga saran-saran berkaitan yang dapat diberikan sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan.



IV. PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pengolahan data-data ini terutama adalah dengan melakukan uji distribusi terhadap data-data yang diperoleh. Pengambilan data atau akuisisi data dilakukan terutama pada data-data waktu yang digunakan oleh tiap *resource* untuk memproses entiti-entiti yang masuk.

4.1 Data waktu pelayanan

Data-data waktu pelayanan yang digunakan sebagai input dalam simulasi *foundry plant* ini meliputi data waktu pembuatan cetakan (*moulding*), data waktu penuangan logam cair (*pouring*), data waktu pembongkaran cetakan (*fettling*) dan data waktu penggerindaan coran (*grinding*). Masing-masing data ini dibagi lagi menjadi dua yaitu data untuk coran kecil dan data untuk coran besar. Data-data waktu tersebut didapatkan dari pengamatan serta pencatatan langsung di lapangan dan diambil secara sampling. Data selengkapnya adalah sebagai berikut:

Tabel 4.1 Data waktu pelayanan

No	Moulding		Pouring		Fettling		Grinding	
	C. Kel	C. Bar	C. Kel	C. Bar	C. Kel	C. Bar	C. Kel	C. Bar
1	74.32	138.08	371.53	780.91	26.29	1.10	90.00	20.27
2	84.06	143.66	357.77	721.28	11.86	1.91	96.09	28.07
3	85.78	152.44	340.64	563.72	12.02	1.52	86.28	26.28
4	86.99	133.34	380.18	525.86	16.57	1.74	87.66	23.44
5	93.98	132.61	379.07	608.62	13.65	1.64	79.46	23.36
6	81.83	147.45	358.91	430.42	16.86	1.41	90.19	20.46
7	65.48	163.38	351.26	627.81	13.37	1.84	89.83	18.14
8	110.43	132.94	360.37	415.08	15.35	1.31	78.92	18.05
9	80.57	149.86	374.61	554.46	18.97	1.67	91.06	22.18
10	70.67	156.62	352.72	426.08	17.60	1.36	87.62	26.04
11	77.68	135.49	341.70	587.92	13.98	1.42	82.29	22.74
12	79.98	167.61	332.64	492.45	15.04	1.32	76.05	20.27
13	96.24	155.19	396.21	581.99	17.19	1.27	76.47	27.42
14	86.98	153.65	356.60	556.16	17.10	1.77	80.07	20.63
15	88.61	139.30	346.65	684.66	15.19	1.45	90.93	21.57
16	112.01	146.12	337.43	462.25	15.26	1.66	74.85	16.82
17	93.38	140.49	324.00	546.01	23.68	1.25	78.47	18.58
18	72.96	139.92	379.66	555.15	22.06	1.22	91.63	22.50
19	107.65	168.76	374.42	710.79	24.30	1.66	83.48	21.30
20	82.84	152.72	357.62	723.42	11.92	1.17	92.75	20.23
21	64.89	168.81	370.34	582.14	24.04	1.52	75.85	27.44
22	73.25	141.31	358.72	687.63	19.90	1.54	73.36	19.74
23	72.65	140.50	357.51	596.21	17.19	1.67	81.81	27.08
24	72.43	167.89	346.31	528.38	17.56	1.18	91.05	16.77
25	68.06	141.52	315.76	819.30	18.96	1.86	89.29	23.51
26	93.30	150.34	361.13	573.01	17.50	1.57	88.12	21.21
27	73.47	137.98	356.58	623.93	16.08	1.58	84.67	18.44
28	97.31	159.80	389.76	546.85	19.74	1.32	92.06	20.24
29	85.69	173.88	367.25	633.94	21.77	1.45	84.87	22.20

30	68.08	165.13	321.04	611.48	16.45	1.46	86.75	21.35	152.84
31	71.96	138.92	377.66	565.15	21.06	1.12	90.63	21.50	160.17
32	80.84	142.72	347.82	713.42	10.92	1.23	91.75	23.23	143.43
33	72.64	160.90	367.51	556.21	17.19	1.27	81.41	22.08	129.68

4.2 Data Waktu Perpindahan

Data-data waktu perpindahan adalah data-data yang berkaitan dengan waktu yang diperlukan oleh entiti untuk berpindah dari satu stasiun kerja ke stasiun kerja yang lain. Alat pengangkut / transporter yang digunakan ada dua jenis yaitu *crane* (*overhead crane*) dan *forklift*. *Crane* digunakan untuk mengangkat coran kecil dan coran besar sedangkan *forklift* digunakan untuk mengangkat coran kecil saja.

Data-data tersebut juga didapatkan dengan pencatatan langsung di lapangan dan diambil secara sampling.

Data selengkapnya adalah sebagai berikut

Tabel 4.2 Data waktu perpindahan

No	MA ke PA			PA ke PA					PA ke GA		
	Crane		Forklift	Crane		Forklift	Crane		Forklift		
	C.Kel	C.Bar		C.Kel	C.Bar		C.Kel	C.Bar			
										Ke PP	Ke SBM
1	2.11	1.92	0.57	1.34	2.32	0.45	0.26	0.56	1.30	1.64	0.26
2	2.18	1.97	0.49	1.49	2.15	0.83	0.30	0.59	1.25	1.60	0.17
3	2.19	2.02	0.60	1.42	2.24	0.29	0.31	0.61	1.31	1.56	0.22
4	2.20	1.90	0.51	1.62	2.21	0.32	0.31	0.55	1.27	1.68	0.20
5	2.26	1.88	0.52	1.44	2.17	0.55	0.35	0.54	1.28	1.58	0.18
6	2.16	1.98	0.62	1.48	2.24	0.36	0.29	0.59	1.32	1.60	0.22
7	2.04	2.09	0.48	1.48	2.23	0.51	0.22	0.65	1.24	1.60	0.23
8	2.41	1.89	0.43	1.45	2.17	0.69	0.44	0.54	1.20	1.58	0.18
9	2.15	2.00	0.50	1.53	2.05	0.30	0.28	0.60	1.26	1.63	0.12
10	2.08	2.04	0.66	1.54	2.25	0.90	0.24	0.62	1.34	1.64	0.22
11	2.13	1.90	0.63	1.58	2.20	0.29	0.27	0.55	1.32	1.66	0.20
12	2.15	2.12	0.32	1.49	2.23	0.36	0.28	0.66	1.27	1.60	0.21
13	2.28	2.03	0.55	1.40	2.05	0.41	0.36	0.62	1.29	1.55	0.12
14	2.20	2.02	0.40	1.56	2.08	0.49	0.31	0.61	1.18	1.65	0.14
15	2.21	2.06	0.57	1.48	2.29	0.71	0.32	0.63	1.30	1.60	0.24
16	2.43	1.97	0.62	1.66	2.24	0.64	0.45	0.59	1.32	1.71	0.22
17	2.26	1.94	0.56	1.64	2.26	0.73	0.35	0.57	1.29	1.70	0.23
18	2.10	1.93	0.47	1.47	2.14	0.40	0.25	0.57	1.23	1.59	0.17
19	2.39	2.13	0.50	1.41	2.05	0.31	0.43	0.66	1.26	1.56	0.12
20	2.17	2.02	0.71	1.49	2.19	0.45	0.29	0.61	1.36	1.61	0.19
21	2.04	2.13	0.65	1.33	2.22	0.37	0.22	0.66	1.33	1.52	0.21
22	2.10	1.94	0.51	1.67	2.25	0.70	0.23	0.57	1.27	1.72	0.22
23	2.09	1.94	0.37	1.47	2.06	0.70	0.25	0.57	1.16	1.59	0.13
24	2.09	2.12	0.55	1.35	2.14	0.37	0.25	0.66	1.29	1.53	0.17
25	2.06	1.94	0.54	1.51	2.32	0.41	0.23	0.57	1.28	1.62	0.26
26	2.26	2.00	0.62	1.70	2.07	0.63	0.35	0.60	1.32	1.74	0.13
27	2.10	1.92	0.43	1.49	2.06	0.47	0.25	0.56	1.21	1.61	0.13
28	2.29	2.07	0.60	1.66	2.20	0.59	0.37	0.63	1.31	1.71	0.20
29	2.19	2.16	0.40	1.67	2.13	0.31	0.31	0.68	1.19	1.72	0.17

30	2.06	2.10	0.53	1.42	2.15	0.58	0.23	0.65	1.28	1.57	0.17
31	2.08	2.04	0.66	1.54	2.25	0.90	0.24	0.62	1.34	1.64	0.22
32	2.10	1.93	0.47	1.47	2.14	0.40	0.25	0.57	1.23	1.59	0.17
33	2.04	2.09	0.48	1.48	2.25	0.51	0.22	0.65	1.24	1.60	0.23

Keterangan :

MA ke PA: Moulding Area ke Pouring Area

PA ke FA Pouring Area ke Fettling Area

FA ke GA Fettling Area ke Grinding Area

C.Kcl Coran kecil

C.Bsr Coran Besar

pp Mesin Perontok Pasir

SBM Shot Blasting Machine

4.3 Data kapasitas antrian

Data kapasitas antrian adalah data-data kapasitas antrian maksimum pada tiap stasiun kerja. Data ini didapatkan dari pengamatan langsung dilapangan dan pengukuran pada denah layout yang ada. Data-data tersebut adalah

Kapasitas Moulding Area: $24,46 \text{ m} \times 7 \text{ m} = 171,22 \text{ m}^2$

Kapasitas Pouring Area:

- untuk coran kecil : $9,83 \text{ m} \times 12,69 \text{ m} = 124,743 \text{ m}^2$

- untuk coran besar: $4,8 \text{ m} \times 8,4 \text{ m} = 40,32 \text{ m}^2$

Kapasitas Fettling Area

- untuk coran kecil : $5 \text{ m} \times 6,5 \text{ m} = 32,5 \text{ m}^2$

- untuk coran besar: $9,83 \text{ m} \times 7,2 \text{ m} = 70,776 \text{ m}^2$

Kapasitas Grinding Area: $6 \text{ m} \times 10 \text{ m} = 60 \text{ m}^2$

4.4 Data spesifikasi alat pengangkut

Dalam proses produksinya foundry plant ini menggunakan *crane* (*overhead crane*) dan *forklift* dengan jumlah masing-masing adalah satu buah. Kemudian pihak perusahaan juga ingin mengetahui sejauh mana *throughput* bisa ditingkatkan bila ditambahkan sebuah konveyor untuk meningkatkan performansi *foundry plant*

tersebut. Adapun data spesifikasi ketiga jenis alat pemindah bahan tersebut adalah sebagai berikut:

Crane

- Merk tipe: MHE DEMAG SWL IO
- Jenis Overhead Travel Crane
- Kecepatan: ± 1 km/jam
- Beban maksimum: 10 ton

Forklift

- Merk / tipe : PATRIA
- Jenis: FD 150
- Rated Capacity: 15000 kg
- Fork length : 1220 mm
- Engine : Isuzu/6BG I T (I 50 HP)

Konveyor

- Tipe : Roller conveyor

4.5 Data throughput existing

Data *throughput existing* diperlukan dalam penelitian ini sebagai pembandingan data *throughput* hasil simulasi. Proses perbandingan tersebut nantinya akan dilakukan pada proses validasi.

Data *throughput* atau *production rate sistem existing* selama 10 bulan dapat ditabelkan sebagai berikut :

Tabel 4.3 Data *throughput existing*

No	Production rate (bush)	
	Coran kecil	Coran besar
1	220	54
2	219	62
3	226	56
4	217	58
5	229	59
6	227	60
7	230	55
8	215	63
9	210	59
10	302	57

Dalam tabel diatas dapat dihitung bahwa produksi rata-rata perbulan adalah 229,5 buah coran kecil dan coran besar sebesar 58,3.

4.6 Data layout

Layout foundry plant yang digunakan dalam penelitian ini didapatkan dari pihak manajemen perusahaan dan merupakan *layout* yang menggambarkan kondisi *existing* dari *foundry plant* tersebut. *Layout* tersebut dapat dilihat sebagai berikut :



A hand-drawn floor plan of a building, likely a school, with various rooms labeled. The plan includes a large central area labeled "MIDDLE SCHOOL" and "HIGH SCHOOL". Other rooms include "OFFICE", "LABORATORY", "LIBRARY", "Gymnasium", "Auditorium", "Dance Hall", "Band Room", "Art Room", "Music Room", "Physical Education", "Soccer Field", "Baseball Field", "Tennis Courts", "Swimming Pool", and "Golf Course". The drawing is done in a simple, sketchy style with lines and text.

29

4.7 Pengolahan Data

Dalam tahap pengolahan data ini akan dilakukan uji distribution fitting untuk memperoleh jenis distribusi data beserta parameter-parameternya. Hal ini penting untuk dilakukan karena input untuk model simulasi nantinya akan berupa distribusi data dan bukan input data secara langsung dari sampel hasil akuisisi data. Sehingga simulasi yang dilakukan ini nantinya tidak terbatas pada data yang telah diakuisisi namun panjang simulasinya dapat ditentukan sesuai dengan keinginan.

4.8 Uji Distribution Fitting

Dalam uji distribution fitting ini digunakan software Input Analyzer ARENA 3.01. Yaitu dengan cara memasukkan sampel data yang telah didapatkan dari lapangan kemudian dimasukkan sebagai input pada software tersebut dan kemudian software tersebut akan menganalisa jenis distribusi apakah yang paling mendekati kecenderungan yang dimiliki oleh data sampel tersebut.

Adapun hasilnya dapat dilihat pada tabel sebagai berikut :

- Untuk data-data waktu pelayanan (*service*)

Tabel 4.4 Distribusi data waktu pelayanan

No	Jenis data		Distribusi data
1	Moulding	C.Kel	Distribution: Beta Expression: $34 + 49 * \text{BETA}(0.962, 1.47)$ Square Error: 0.005282
		C.Bar	Distribution: Beta Expression: $162 + 42 * \text{BETA}(0.877, 1.03)$ Square Error: 0.005075
2	Pouring	C.Kel	Distribution: Triangular Expression: $\text{TRIA}(315, 362, 397)$ Square Error: 0.006312
		C.Bar	Distribution: Normal Expression: $\text{NORM}(592, 97.9)$ Square Error: 0.002576
3	Fettling	C.Kel	Paronotok pasir Distribution: Gamma Expression: $11 + \text{GAMMA}(2.66, 2.48)$ Square Error: 0.003089
			Shot blast Distribution: Beta Expression: $1.02 + 0.98 * \text{BETA}(1.94, 2.06)$ Square Error: 0.000541
		C.Bar	Distribution: Weibull Expression: $73 + \text{WEIB}(13.5, 1.94)$ Square Error: 0.066834
4	Grinding	C.Kel	Distribution: Weibull Expression: $16 + \text{WEIB}(6.63, 1.95)$ Square Error: 0.036023
		C.Bar	Distribution: Normal Expression: $\text{NORM}(146, 11.8)$ Square Error: 0.018563

- Untuk data-data waktu perpindahan (*transport*)

Data waktu perpindahan dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.5 Distribusi data waktu perpindahan

No	Route	Transporter	Entiti	Distribusi data	
1	MA ke PA	Crane	C.Kel	Distribution:	Weibull
				Expression:	$2 + WEIB(0.203, 1.82)$
				Square Error:	0.006886
			C.Bsr	Distribution:	Triangular
				Expression:	$TRIA(1.83, 1.93, 2.19)$
				Square Error:	0.005760
		Forklift	C.Kel	Distribution:	Normal
				Expression:	$NORM(0.537, 0.0819)$
				Square Error:	0.011739
2	PA ke FA	Crane	C.Kel	PA ke PP	Distribution: Gamma
					Expression: $1.29 + GAMMA(0.0503, 4.49)$
					Square Error: 0.024626
			PP ke SBM	Distribution: Beta	
				Expression: $2.01 + 0.34 * BETA(1.57, 1.59)$	
				Square Error: 0.020247	
			C.Bsr	Distribution: Triangular	
				Expression: $TRIA(0.22, 0.294, 0.96)$	
				Square Error: 0.004938	
		Forklift	C.Kel	PA ke PP	Distribution: Lognormal
					Expression: $0.19 + LOGN(0.112, 0.0697)$
					Square Error: 0.008366
				PP ke SBM	Distribution: Lognormal
					Expression: $0.52 + LOGN(0.0836, 0.0507)$
					Square Error: 0.025869
3	FA ke GA	Crane	C.Kel	Distribution: Lognormal	
				Expression: $1.14 + LOGN(0.139, 0.076)$	
				Square Error: 0.116593	
			C.Bsr	Distribution: Lognormal	
				Expression: $1.49 + LOGN(0.135, 0.0742)$	
				Square Error: 0.003336	
		Forklift	C.Kel	Distribution: Lognormal	
				Expression: $0.1 + LOGN(0.0909, 0.0607)$	
				Square Error: 0.078783	

Keterangan

MA ke PA : Moulding Area ke Pouring Area

PA ke FA : Pouring Area ke Fettling Area

FA ke GA : Fettling Area ke Grinding Area

C.Kel : Coran kecil

C.Bsr : Coran Besar

PP : Mesin Perontok Pasir

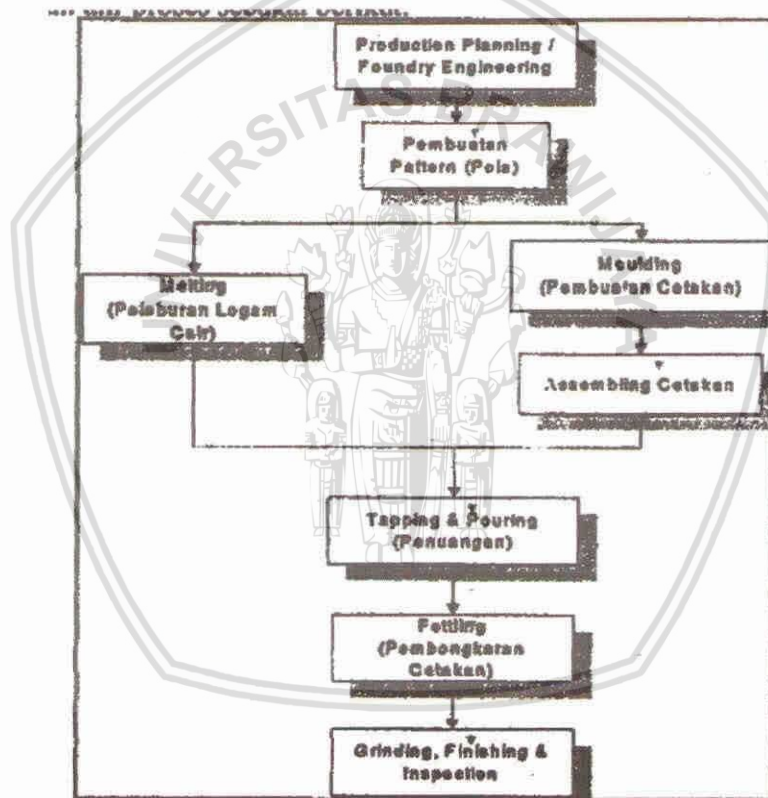
SBM : Shot Blasting Machine

V. PEMODELAN SISTEM

Tahap selanjutnya dari penelitian ini adalah memodelkan sistem yang akan disimulasikan. Dalam tahap pemodelan ini terlebih dahulu akan diberikan gambaran mengenai sistem kerja dan proses yang terjadi pada *foundry plant* tersebut.

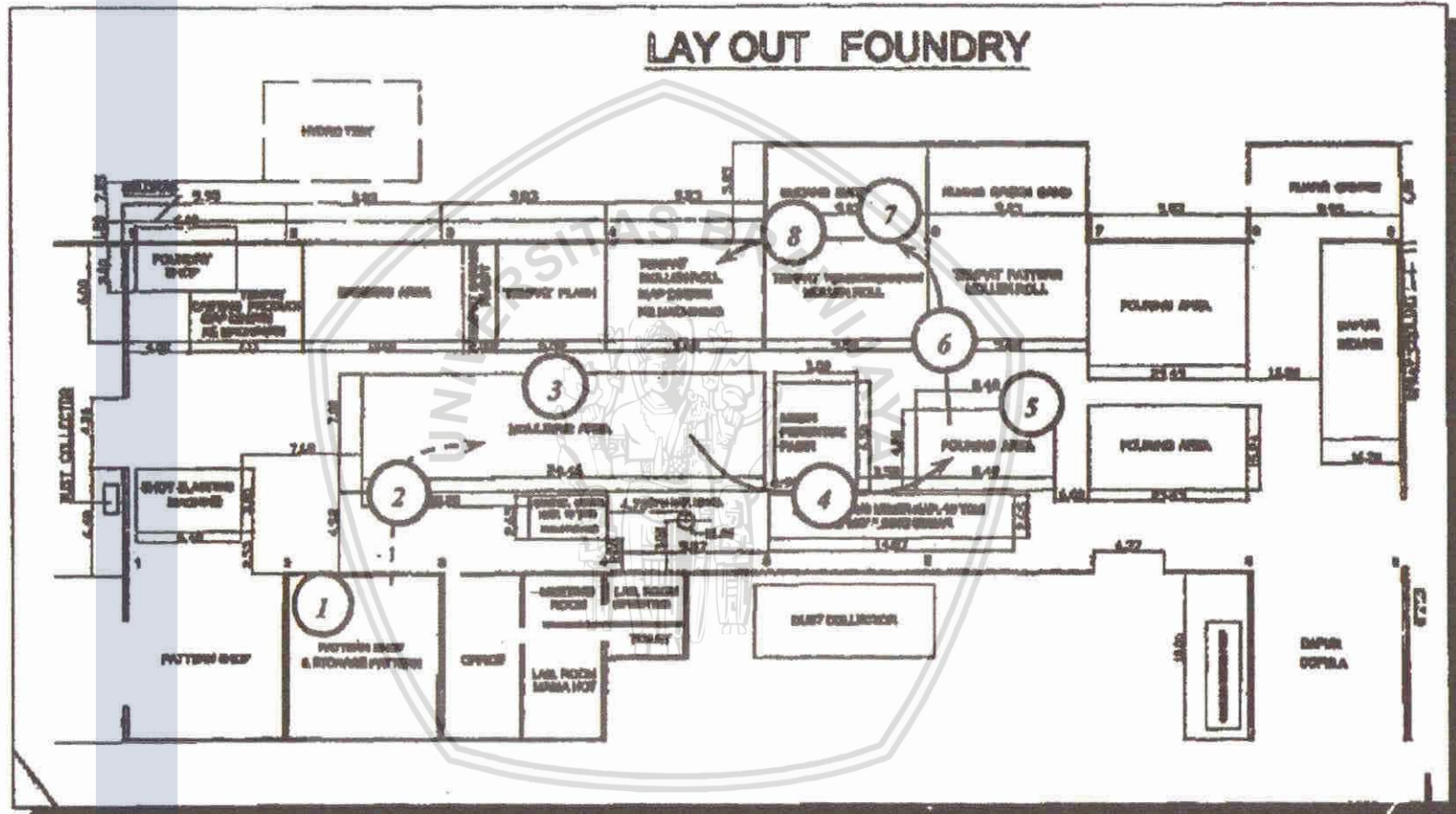
5.1 Gambaran Sistem *Foundry Plant*

Proses pengecoran dalam foundry plant ini meliputi : pembuatan pola, pembuatan cetakan, peleburan logam dan penuangan logam cair pada cetakan, pembongkaran cetakan dan pemesinan coran. Adapun urutan proses tersebut dapat dilihat pada gambar diagram alir proses sebagai berikut:



Gambar 5.1 Diagram Alir Proses Pengecoran

Urutan, rute dan tempat proses-proses tersebut akan lebih jelas digambarkan dalam gambar berikut ini :



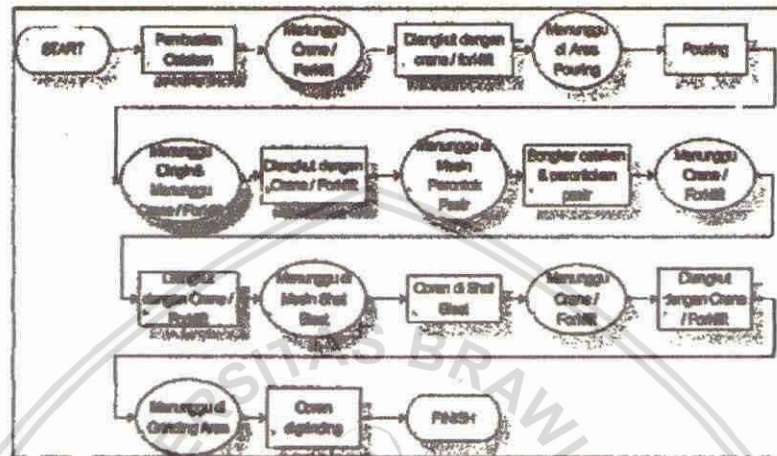
Gambar 5.2 Rute Perpindahan & Proses Entiti Coran Besar



5.2 Activity Cycle Diagram

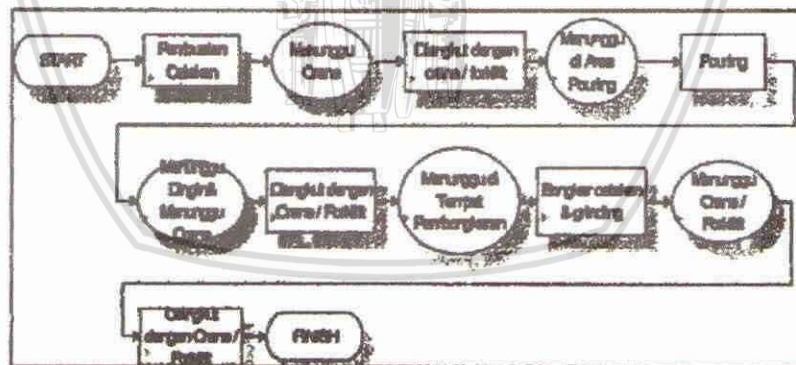
Langkah selanjutnya adalah menggambarkan aktivitas yang dialami oleh entiti-entiti dalam suatu Activity Cycle Diagram (ACD). ACD tersebut nantinya akan membantu dalam menjabarkan sistem yang ada sehingga akan memudahkan penerjemahan menjadi network node pada software simulasi AweSim.

Beriktit ini akan digambarkan ACD untuk coran kecil.



Gambar 5.4 Activity Cycle Diagram Coran Kecil

Sedangkan ACD untuk coran besar dapat dilihat pada ACD beriktit ini :



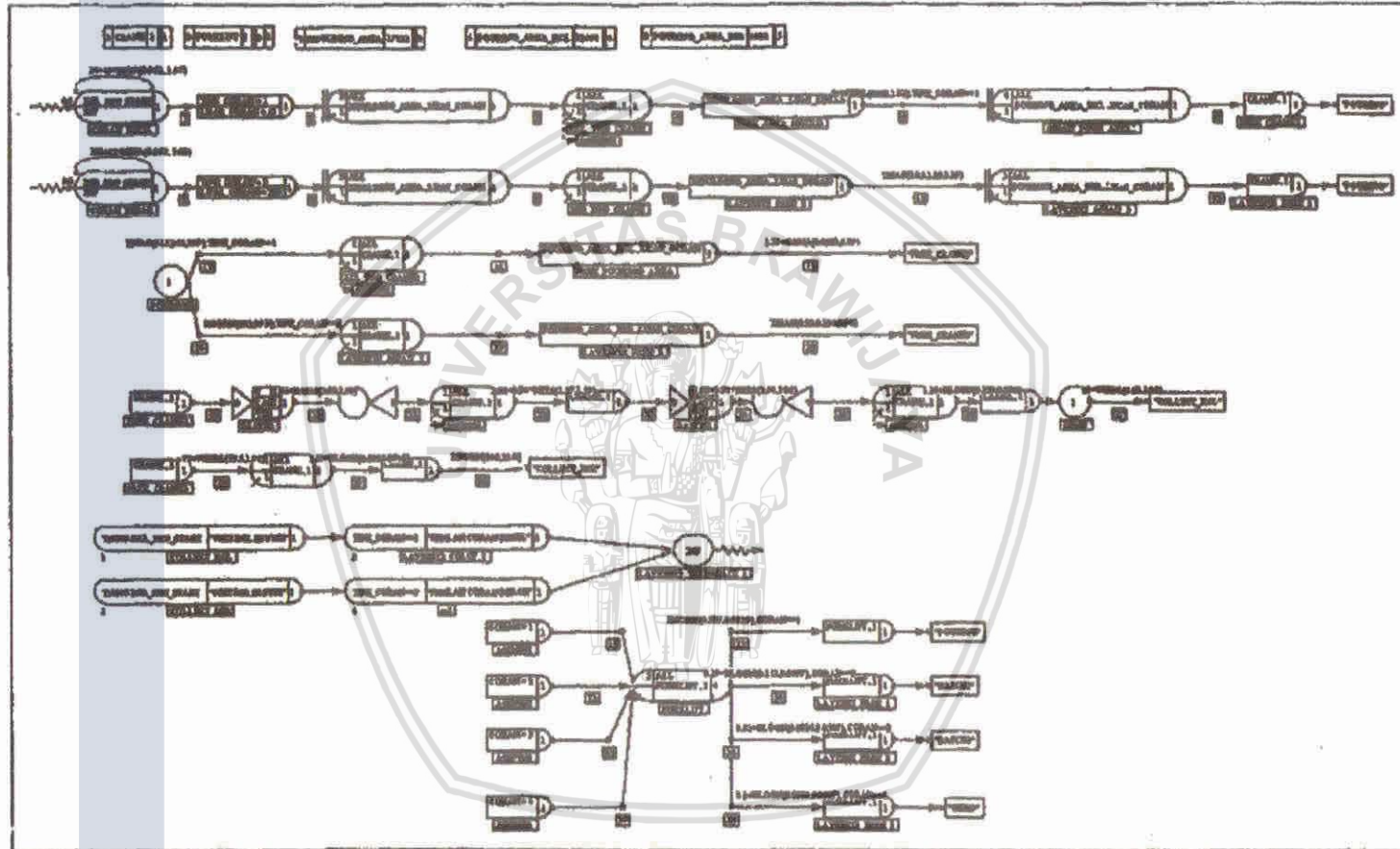
Gambar 5.5 Activity Cycle Diagram Coran Besar

VI. SIMULASI DAN ANALISA

6.1 Simulasi sistem existing

Langkah awal yang harus dilakukan dalam simulasi ini adalah memodelkan sistem ke dalam suatu model yang dimengerti oleh bahasa pemrograman Visual SLAM / software Awesim. Suatu model dalam software simulasi Awesim direpresentasikan dalam sebuah network diagram yang berisikan node-node dan aturan tertentu yang haruslah sesuai dengan alur logika dari sistem yang diwakilinya. Network diagram inilah yang memegang peranan penting dalam suatu simulasi sistem menggunakan Awesim. Dalam pembuatan suatu network diagram tersebut haruslah dilakukan secara hati-hati dan sesuai dengan kondisi riil di lapangan. Sistem pertama yang dibuat network diagramnya adalah sistem layout existing. Dengan menggunakan berbagai data yang ada maka dapat dibuat network diagram pada halaman berikut :





Gambar 6.1 Network Diagram Sistem Existing

Setelah terbentuk network diagram (beserta *control statement*-nya) maka langkah selanjutnya adalah melakukan *running* awal dari simulasi tersebut. Adapun *running* awal ini bertujuan untuk verifikasi dan validasi dari model yang disimulasikan.

6.1.1 Verifikasi

Dalam verifikasi ini langkah-langkah yang dilakukan adalah :

- Running simulasi dengan menggunakan network diagram dan control statement yang telah dibuat.
- Melakukan verifikasi yaitu dengan cara :
 - Dengan mengecek dan meneliti ulang network diagram dan control statement secara lebih mendetail (*tracing*).
 - Dengan melihat *output echo report* yang berfungsi untuk mentranslasi *control statement* dan *network diagram* menjadi sebuah *file network EXISTING.TRN*.
 - Selain melihat report seperti diatas, langkah lain yang dilakukan untuk verifikasi adalah dengan mengamati display *Interactive Execufion Environment* (IEE)
 - Melakukan *structured walkthrough*

6.1.2 Validasi

Validasi yang digunakan untuk menguji *model existing* ini adalah dengan menggunakan *black box validation / turing test / empiricist's approach*, yaitu dengan membandingkan output hasil simulasi dengan output sistem nyatanya. Apabila kedua nilai tersebut sama, maka dapat dikatakan bahwa model tersebut sudah dapat mewakili sistem nyatanya. Dalam validasi ini akan dibandingkan *production rate* coran kecil sistem nyata dengan *production rate* simulasi yang diwakili oleh output jumlah entiti coran kecil yang dikeluarkan dari sistem dan diukur pada ujung akhir *network diagram*.

Analisa selanjutnya adalah validasi dengan metode *black box validation* seperti telah dibahas sebelumnya. Dalam validasi ini dilakukan perhitungan untuk mengetahui apakah data hasil simulasi dapat dikatakan sama dengan data pada sistem nyata. Data sistem nyata dengan data hasil simulasi dapat -dilihat sebagai berikut :

Tabel 6.1 Perbandingan output sistem nyata dan simulasi

No	Output sistem nyata (unit)	Hasil simulasi (unit)
1	220	224
2	219	224
3	226	224
4	217	232
5	229	216

Data tersebut kemudian dibandingkan dengan tujuan untuk mengetahui apakah kedua data tersebut dapat dikatakan sama. Pengujian ini pada dasarnya adalah menggunakan uji T untuk mengetahui kesamaan (atau perbedaan) antara dua data. Pengujian dilakukan dengan uji *compare means* menggunakan software SPSS ver. 10. Dalam uji *compare means* ini dilakukan uji *paired T test* karena hanya akan dibandingkan dua buah data yang berbeda.

Hipotesis yang dapat dibuat:

Hipotesis nol dari pengujian tersebut adalah bahwa kedua data memiliki rata-rata yang sama / tidak berbeda secara nyata, sedangkan hipotesis kedua adalah bahwa kedua data tidak memiliki rata-rata yang sama / berbeda secara nyata. Bila dirumuskan adalah sebagai berikut :

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$$

Adapun *confidence level* yang digunakan adalah sebesar 95%

Hasil dari pengujian tersebut adalah sebagai berikut :



Tabel 6.2 Hasil perhitungan *Paired T - test*

Paired Samples Test									
		Paired Differences				t	df	Sig. (2-tailed)	
		Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower				Upper
Pair 1	DATA REAL - DATA SIMULA	8.3000	26.9981	8.5376	-13.0133	25.8133	.738	.479	

Dari tabel diatas didapatkan bahwa nilai t hitung adalah 0,738 sedangkan nilai probabilitas 2 arah (*2 tailed*) adalah 0,479.

Pengambilan keputusan :

Berdasar perbandingan t hitung dengan t tabel

Jika t hitung $> t$ tabel maka H_0 ditolak dan jika t hitung $< t$ tabel maka H_0 diterima

T hitung = 0,738 sedangkan t tabel (dilihat pada tabel t) = 2,7765

Karena t hitung (0,738) $< t$ tabel (2,7765) maka H_0 diterima.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa kedua data memiliki rata-rata yang sama / tidak berbeda secara nyata

Dari kedua proses verifikasi maupun validasi diatas maka dapat disimpulkan bahwa model simulasi yang telah dibuat telah dapat mewakili sistem nyata yang dianalisa sehingga model tersebut nantinya dapat digunakan sebagai dasar analisa selanjutnya.

6.2 Analisa dan Eksperimentasi

Langkah selanjutnya setelah mengetahui bahwa model yang telah dibuat dapat mewakili *sistem existing* adalah dengan melakukan analisa terhadap hasil *running* simulasi pada model *layout existing* dan kemudian dilakukan eksperimentasi untuk mencari alternatif-alternatif sistem yang lebih baik.

Dalam tahap ini dilakukan analisa untuk mengetahui perilaku sistem (*system behavior*) yang dipelajari. Sehingga nantinya dapat diketahui sejauh mana tujuan untuk meningkatkan *throughput* dapat dipenuhi. Dalam mempelajari perilaku sistem ini beberapa hal yang dapat diamati secara lebih mendalam adalah, utilisasi *resource*, *waiting time*, *system time*, dan *throughput* itu sendiri (Eneyo, Pannirselvam, 1998).

Hal ini juga didukung oleh Pritsker yang berpendapat bahwa terdapat beberapa tolok ukur untuk menganalisa kinerja operasional sebuah sistem manufaktur. Tolok ukur tersebut antara lain adalah utilisasi resource / sumber daya yang digunakan dan kemudian adalah *time in system*, yaitu waktu yang digunakan untuk memproses entiti (Pritsker, 1999).

Untuk itu sebelumnya akan ditampilkan output hasil running sebagai berikut :

**** AweSim SUMMARY REPORT ****

Simulation Project : EXISTING

Modeler ISHARDITA PAMBUDI TAMA

Date :

Scenario EXISTING

Run number 1 of 10

Current simulation time 12480.000000

Statistics cleared at time 0.000000

**** OBSERVED STATISTICS REPORT for scenario EXISTING ****

Label	Mean Value	Standard Deviation	Number of Observations	Minimum Value	Maximum Value
WKT KCL IN SYST	581.370	129.583	224	359.596	872.690
VIKT BSR IN SIST	818.153	96.117	59	615.099	1057.866
JUMLAH CORAN KEC	1.000	0.000	224	1.000	1.000
JUMLAH COPAN BES	1.000	0.000	59	1.000	1.000

**** FILE STATISTICS REPORT for scenario EXISTING ****

File Number	Label or Input Location	Average	Standard Length	Maximum Deviation	Current Length	Average Length
	Wait Time					

1	RES. CRANE	0.018	0.133	1	0	0.281
2	RES. FORKLIFT	0.011	0.178	7	0	0.440
3	RES. MOULDING_AR	0.000		0.000	1	0
	0.000					
4	RES. POURING _ARE	0.000		0.000	1	0
	0.000					
5	RES. POURING _ARE	0.000		0.000	1	0
	0.000					
0	Event Calendar	13.167	1.636	22	12	66.445

**** ACTIVITY STATISTICS REPORT for scenario EXISTING ****

Activity Number	Label or Input Location	Average Utilization	Standard Deviation	Entity Count	Maximum Utilization
1	CORAN KECIL	0.000	0.000	236	1
2	Line 9	0.000	0.000	236	1
3	Line 11	0.000	0.000	236	1
4	JML KCL MOULD AR		0.000	0.000	229 1
5	MOULD TO POUR KC		0.070	0.255	229 1
6	CR KCL MA2PA	0.000	0.000	229	1
7	JML CORAN BESAR		0.000	0.000	70 1
8	Line 23	0.000	0.000	70	1
9	Line 25	0.000	0.000	70	1
10	Line 27	0.000	0.000	67	1
11	Line 29	0.011	0.103	67	1
12	CR BSR MA2PA	0.000	0.000	67	1
13	POURING KCL	6.668	1.026	230	9
14	Line 38	0.000	0.000	228	1
15	CR KCL PA2PP	0.028	0.164	228	1

16	POURING BSR	3.124	0.806	64	5
17	BSR TGG DINGIN	0.000	0.000	63	1
18	CR BSR PA2FA	0.003	0.050	63	1
19	Line 46	0.000	0.000	228	1
20	P. PASIR	0.072	0.258	57	1
21	Line 50	0.000	0.000	228	4
22	CR KCL PP2SBM	0.019	0.137	109	1
23	Line 54	0.000	0.000	109	1
24	SHOT BLAST	0.003	0.057	28	1
25	Line 58	0.000	0.000	224	8
26	CR KCL FA2GA	0.005	0.072	50	1
27	GRIND CKCL	0.071	0.356	50	2
28	FETT CBSR	0.378	0.542	63	3
29	CR BSR FA2GA	0.008	0.088	60	1
30	GRIND CBSR	0.699	0.689	59	3
31	Line 79	0.000	0.000	7	1
32	FL KCL MA2PA	0.000	0.017	7	1
33	Line 94	0.000	0.000	2	1
34	FL KCL PA2PP	0.000	0.007	2	1
35	Line 96	0.000	0.000	119	1
36	FL KCL PP2SBM	0.006	0.075	119	1
37	Line 98	0.000	0.000	174	1
38	FL KCL FA2GA	0.003	0.051	174	1

**** RESOURCE STATISTICS REPORT for scenario EXISTING ****

Resource Number	Resource Label	Average util.	Standard Deviation	Current util.	Maximum util.
1	CRANE	0.143	0.350	0	1
2	FORKLIFT	0.009	0.093	0	1

3	MOULDING AREA	364.317	421.806	1067	1292
4	POURING@EKKCL	317.262	117.415	56	560
6	POURING AREA BSR		763.415	219.611	900
	1350				

**** BATCH STATISTICS REPORT for scenario EXISTING ****

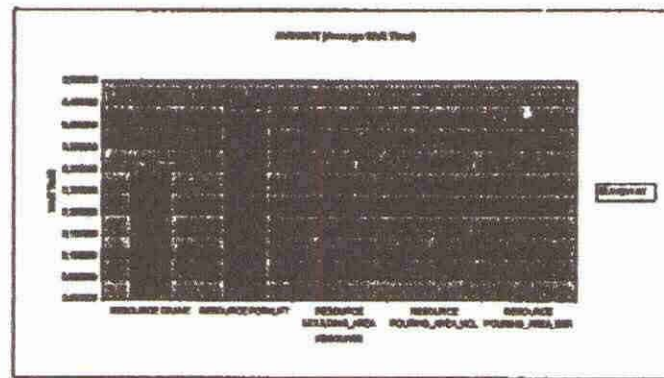
Batch	Average	Maximum	Current	Average
Node		Number	Number	Number Waiting
	Waiting	Waiting	Waiting	Time
RATCH1	1.464	4	2	79.414
RATCH2	2.072	8	4	113.429

Dari data-data diatas dan file output yang dihasilkan oleh AweSim maka dapat disajikan grafik-grafik sebagai berikut :



Gambar 6.2 Grafik Utilisasi Resource

Grafik utilitas *resource* diatas menunjukkan bahwa *resource* yang paling tinggi utilitasnya adalah *resource* pouring area besar. Sedangkan untuk alat pemindah bahan yaitu *crane* dan *forklift* dapat dilihat bahwa utilitasnya masih cukup rendah dan yang paling rendah utilitasnya adalah pada *forklift*.



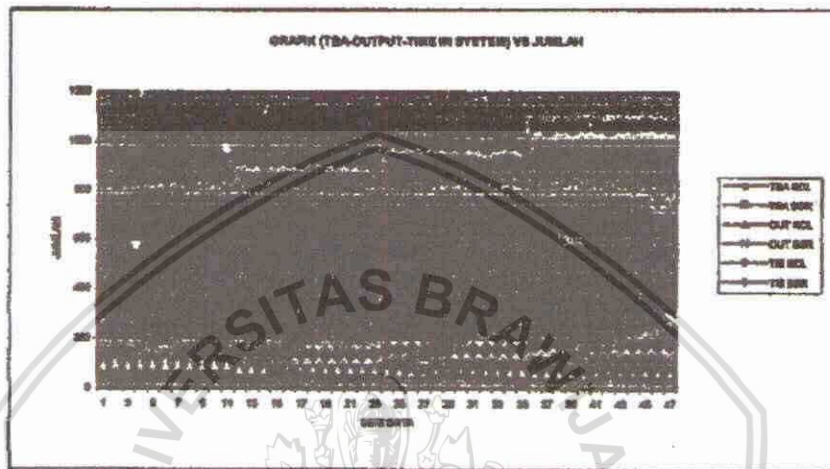
Gambar 6.3 Grafik Waktu Tunggu



Sedangkan dari grafik waktu tunggu diatas dapat dilihat bahwa waktu tunggu paling besar adalah pada *resource forklift* dan *resource crane*.

Analisa yang dilakukan selanjutnya adalah untuk mengetahui hubungan antara *throughput* (sebagai *output* / variabel yang akan ditingkatkan), waktu antar kedatangan entiti (sebagai *input*) dan *time in system* (waktu yang dihabiskan entiti di dalam sistem).

Hasilnya dapat dilihat pada grafik berikut:



Gambar 6.4 Grafik Hubungan Tba - Throughput -Time In System

Dari grafik diatas terdapat beberapa poin yang dapat disimpulkan sementara yaitu :

- Semakin tinggi waktu antar kedatangan / semakin lama jeda waktu antar kedatangan maka output akan menurun dan sebaliknya semakin rendah waktu antar kedatangan / semakin cepat jeda waktu antar kedatangan maka output akan meningkat (berlaku untuk coran kecil dan coran besar)
- Semakin tinggi waktu antar kedatangan coran kecil maka time in systemnya pun juga akan semakin tinggi sedang outputnya semakin rendah.
- Semakin tinggi waktu antar kedatangan coran besar *time in system* coran besar relatif konstan sedang outputnya juga semakin rendah.

Sedangkan untuk mengetahui korelasi antara ketiga variabel tersebut maka dilakukan uji korelasi dengan menggunakan SPSS. Hasil perhitungannya tersaji dalam tabel berikut :



Tabel 6.3 Hasil uji korelasi

Correlations							
Pearson Correlation	TBA Kecil	TBA Besar	OUT Kecil	OUT Besar	TIS Kecil	TIS Besar	
	1.000	-.048	-.982 ^{**}	.238	-.000	-.252	
	TBA Besar	1.000	.054	-.038	-.009	-.135	
	OUT Kecil	-.982 ^{**}	.054	1.000	-.277	-.978 ^{**}	.280 [*]
	OUT Besar	.238	-.038	-.277	1.000	.298	-.009
	TIS Kecil	-.000	-.009	-.978 ^{**}	.298	1.000	-.287
	TIS Besar	-.252	-.135	.280 [*]	-.009	-.287	1.000
Sig. (2-tailed)	TBA Kecil		.780	.000	.110	.000	.067
	TBA Besar	.780		.717	.000	.000	.367
	OUT Kecil	.000	.717		.000	.000	.048
	OUT Besar	.110	.000	.000		.000	.910
	TIS Kecil	.000	.000	.000	.000		.000
	TIS Besar	.067	.367	.048	.910	.000	
N	TBA Kecil	47	47	47	47	47	47
	TBA Besar	47	47	47	47	47	47
	OUT Kecil	47	47	47	47	47	47
	OUT Besar	47	47	47	47	47	47
	TIS Kecil	47	47	47	47	47	47
	TIS Besar	47	47	47	47	47	47

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Kesimpulan yang bisa diambil dari uji korelasi tersebut adalah bahwa:

1. OUT (*output / throughput*) coran kecil berkorelasi / berkaitan erat dengan variabel TBA (*time between arrival*) coran kecil secara negatif Artinya semakin besar TBA coran kecil maka *throughput*nya makin kecil
2. OUT (*output / throughput*) coran kecil berkorelasi / berkaitan erat dengan variabel TIS (*time in system*) coran kecil secara negatif Artinya semakin besar TIS coran kecil maka *throughput*nya makin kecil
3. OUT (*output / throughput*) coran kecil ternyata juga berkorelasi / berkaitan dengan variabel TIS (*time in system*) coran besar secara positif Namun kaitan tersebut tidak terlalu kuat yaitu sebesar 0,290 ($< 0,5$)
4. OUT (*output / throughput*) coran besar ternyata hanya berkorelasi / berkaitan erat dengan variabel TBA (*time between arrival*) coran besar secara negatif Artinya semakin besar TBA coran besar maka *throughput*nya makin kecil. Output coran besar tidak terlalu dipengaruhi oleh TIS (*time in system*) nya.

Atau dengan kata lain *throughput* coran kecil sangat dipengaruhi waktu antar kedatangan dan waktu dalam sistemnya, sedangkan *throughput* coran besar hanya dipengaruhi oleh waktu antar kedatangannya.

Dari poin-poin diatas dapat dikatakan bahwa untuk meningkatkan *throughput* maka hal yang bisa dilakukan adalah dengan menurunkan *time in system* terutama untuk coran kecil.

Penurunan *time in system* ini dapat ditempuh dengan beberapa cara yaitu :

1. Meningkatkan *utilitas resource* pemindah bahan yang masih rendah yaitu utilitas *forklift*. Dengan asumsi bahwa peningkatan utilitas pemindah bahan akan menurunkan waktu yang dibutuhkan entiti di dalam sistem (*time in system*). Peningkatan utilitas *resource* tersebut dapat dijabarkan menjadi beberapa alternatif sebagai berikut :

Alternatif 1 a : *Forklift berfungsi penuh pada jalur tertentu*

Alternatif 1 b : *Mengurangi space moulding area*

Alternatif 2a : *Pemindahan shot blasting machine*

Alternatif 2b : *Penambahan konveyor*

Dari keempat alternatif diatas dapat dibuat suatu skenario yang melibatkan alternatif-alternatif tersebut. Berbagai kemungkinan skenario tersebut dapat ditabelkan sebagai berikut :

Tabel 6.4 Skenario - Alternatif

Skenario No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Alternatif														
Forklift berfungsi penuh	X				X	X	X			X	X		X	X
Pengurangan space		X			X				X	X		X	X	X
Pemindahan shot blasting machine			X			X		X		X	X	X		X
Penambahan konveyor				X			X	X	X		X	X	X	X

Alternatif-alternatif tersebut kemudian disimulasikan dan hasilnya dapat ditabelkan sebagai berikut

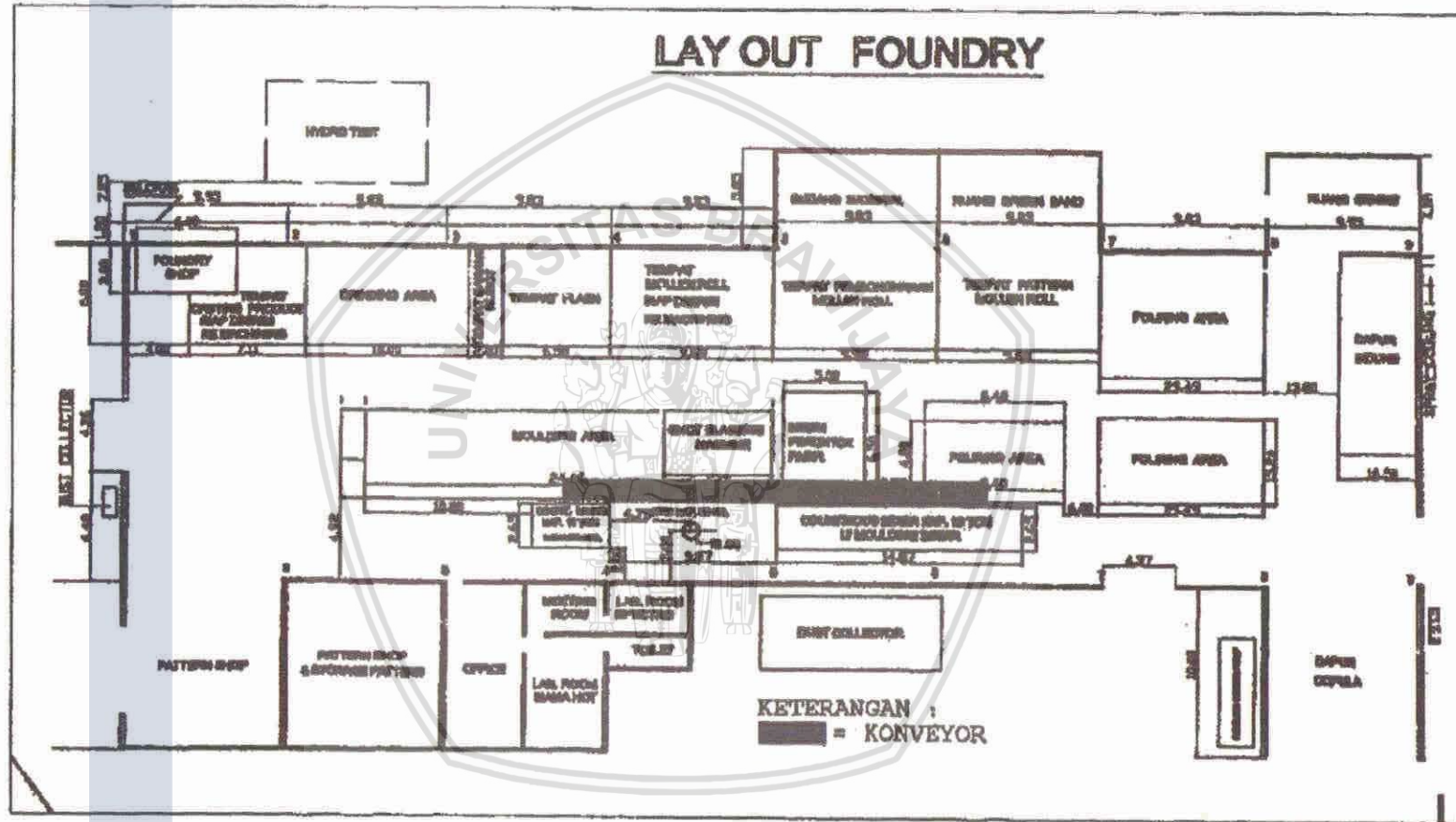
Tabel 6.5 Hasil Simulasi Skenario – Alternatif

Sik. No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Output														
Coran kecil (unit)	224	224	224	224	224	232	232	224	224	224	224	224	224	248
Coran besar (unit)	64	62	62	64	65	64	64	58	64	60	64	58	64	64
Jumlah	288	286	286	288	289	296	296	282	288	284	288	282	288	312

Dari data diatas maka hasil *throughput* terbaik dicapai oleh skenario 14 dimana skenario tersebut dapat menghasilkan 248 buah coran kecil dan 64 buah coran besar dengan jumlah total sebesar 312 buah. Hal ini bila dibandingkm dengan kondisi *existing* yaitu 224 coran kecil dan 59 coran besar maka terdapat peningkatan sebesar 11 % untuk coran kecil dan 8,5 % untuk coran besar.

Target peningkatan yang diinginkan oleh perusahaan sebesar 20 % tidak tercapai, namun sudah ada peningkatan sebesar 11% dan 8,5%. Peningkatan yang lebih besar dapat dicapai apabila ada kemungkinan untuk menambah jumlah *resource* yang ada. Penambahan jumlah *resource* ini terutama adalah pada bagian pembuatan cetakan karena *throughput* kedua jenis coran sangat dipengaruhi oleh waktu antar kedatangannya.

Kemudian berdasar skenario diatas maka layout yang dapat diusulkan adalah sebagai berikut :



Gambar 6.5 Layout Usulan

VII. KESIMPULAN DAN SARAN

Sebagai bab terakhir dari penelitian ini maka dalam bab ini akan diberikan kesimpulan untuk menjawab permasalahan dan sesuai tujuan yang ingin dicapai dan kemudian diberikan saran-saran yang berkaitan dengan penelitian ini.

7.1 Kesimpulan

Dari berbagai analisa yang telah dilakukan maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari alternatif yang telah dibuat, maka dapat disimpulkan bahwa sistem tersebut dapat ditingkatkan *throughput*nya melalui skenario 14 yang menggabungkan keempat alternatif yang ada yaitu *forklift* berfungsi penuh, mengurangi *space moulding area*, pemindahan *shot blasting machine* dan penambahan konveyor. Adapun peningkatannya adalah sebesar 11 % untuk produk coran kecil dan 8 % untuk produk coran besar.
2. *Throughput system* tersebut sangat dipengaruhi oleh waktu antar kedatangannya sehingga peningkatan *throughput* yang lebih tinggi lagi dapat dilakukan dengan mempercepat waktu antar kedatangannya
3. Simulasi secara nyata dapat membantu untuk meningkatkan (*improvement*) performansi sebuah sistem manufaktur dengan menjadi tool analisa atas alternatif-alternatif yang dibuat.

7.2 Saran

Adapun saran-saran yang dapat diberikan antara lain adalah sebagai berikut:

1. Sebagai perbandingan ada baiknya jika ada pihak lain yang ingin meneliti sistem yang sama namun dengan menggunakan *software* simulasi yang lain.

DAFTAR PUSTAKA

0900218

- B. Pritsker A. Alan dan O Reilly Jean J. (1999) *Simulation With Visual SL-4M and AweSim*, John Wiley & Sons
- Eneyo, Emanuel S. dan Pannirselvan, Gertrude P (1998), *The Use Of Simulation in Facility Layout Design*, Proceedings of the 1998 Winter Simulation Conference, pp. 1527-1532
- Knoll Michael J. dan Heim Joseph A. (2000) *Ensuring The Successful Adoption of Discrete Event Simulation In A Manufacturing Environment*, Proceedings of the 2000 Winter Simulation Conference, pp. 1297-1304
- Klioslinevis B., (1994)., *Discrete System Simulation*, Mc Graw-Hill Book Company
- Law Averill M. dan Kelton W. David (1982) *Simulation Modelling And Analysis*, McGraw Hill Book Company.
- Law Averill M dan McComas Michael G. (1997) *Simulations of Manufacturing Systems*, Proceedings of the 1997 Winter Simulation Conference, pp. 86-89.
- Law Averill M. dan McComas Michael G. (2001) *How To Build Valid and Credible Simulation Models*, Proceedings of the 2001 Winter Simulation Conference, pp. 22-29
- Roser, C., Nakano, M., Tanaka, M., (2001), *A Practical Bottleneck Detection Method*, Proceedings of the 2001 Winter Simulation Conference, pp. 949-953.
- Silva Lisete et. al. (2000) *Using Simulation For Manufacturing Process Reengineering- A Practical Case Study*, Proceedings of the 2000 Winter Simulation Conference, pp. 1322-1328
- Tompkins et. al. (1996), *Facilities Planning*, John Wiley & Sons.